

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

На правах рукопису

БІЛАСЕНКО ОЛЬГА ГЕННАДІЇВНА



УДК 550.83:504

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ
ЗА КОМПЛЕКСОМ ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ

Спеціальність:

04.00.22 - Геофізика

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Науковий керівник:
доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник
Тяпкін Олег Костянтинович

Дніпропетровськ – 2015

ЗМІСТ	с.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ	14
1.1. Проблематика сучасного розвитку системи екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій	14
1.2 Досвід використання геофізичних методів при вирішенні геоекологічних завдань у системі екологічного моніторингу	25
1.2.1. Розвиток геофізичних досліджень екологічної спрямованості	25
1.2.2 Особливості постановки завдань та обробки інформації геофізичних (у т. ч. моніторингових) досліджень геоекологічної спрямованості	31
1.2.3 Особливості геолого-геофізичних досліджень для вирішення приповерхневих і глибинних геоекологічних завдань	35
1.3 Завдання досліджень	38
ВИСНОВКИ ДО 1-ГО РОЗДІЛУ	40
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО СХОВИЩ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ	42
2.1 Особливості моделювання у геолого-геофізичних дослідженнях геоекологічного стану територій	42
2.2 Природна та техногенна характеристика джерел геофізичних аномалій (зокрема сховищ відходів)	44
2.2.1 Геологічна характеристика району досліджень	44
2.2.2 Особливості зміни геологічного середовища під дією техногенних факторів	47

2.2.3 Геометризація аномальних у геофізичних полях ділянок геологічного середовища на етапі заповнення сховищ відходів	50
2.2.4 Геометризація аномальних у геофізичних полях ділянок геологічного середовища після перекриття сховищ та прийняття управлінських рішень	55
2.3 Особливості визначення геофізичних методів для застосування в системі екологічного моніторингу територій, прилеглих до сховищ відходів	59
ВИСНОВКИ ДО 2-ГО РОЗДІЛУ	65
РОЗДІЛ 3 ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ КАРТУВАННЯ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	66
3.1 Теоретичні основи використання геолого-геофізичної інформації та методів у геоекологічному картуванні техногенно-навантажених територій	66
3.2 Формалізація процедури обробки геолого-геофізичної інформації в системі екологічного моніторингу	73
3.3 Алгоритм обробки картографічної геолого-геофізичної інформації для геоекологічного картування Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ	81
3.4 Прогнозування просторової змін фізичних властивостей геологічного середовища навколо промислових об'єктів за комплексом геолого-геофізичної, гідрогеологічної та тектонічної інформації	85
3.5 Різномасштабні геолого-геофізичні дослідження для геоекологічного картування і деталізації прогнозу зміни геологічного середовища в екологічному моніторингу	94
ВИСНОВКИ ДО 3-ГО РОЗДІЛУ	104

РОЗДІЛ 4. КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ	105
4.1 Результати обробки середньомасштабної картографічної інформації відносно розподілу геофізичних полів та розломно-блокової будови Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ	105
4.2 Геолого-геофізичне районування території у системі комплексного екологічного моніторингу на прикладі території поблизу м. Дніпродзержинська	112
4.3 Раціональні комплекси геофізичних методів деталізаційної спрямованості на основі фізико-геологічного моделювання сховищ промислових відходів	125
4.3.1 Дослідження методом міжсвердловинного прозвучування	126
4.3.2 Дослідження методом електророзвідки БЕЗ	129
4.3.3 Використання методу електротомографії 2D	132
4.3.4 Використання методу електротомографії 3D	137
4.3.5 Раціональне комплексування геофізичних методів ..	143
ВИСНОВКИ ДО 4-ГО РОЗДІЛУ	151
ВИСНОВКИ	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	155
Додаток А	176

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВЧР – верхня частина розрізу

УЩ – Український щит

ФГМ – фізико-геологічна модель

РАВ – радіоактивні відходи

ПЕО – питомий електричний опір

ВЕЗ – вертикальне електрондування

МП – міжсвердловинне прозвучування

ВСТУП

Актуальність теми. Природні умови та ресурсний потенціал України обумовив активний розвиток промисловості в останні півстоліття. Великі об'єми видобутку та переробки корисних копалин призвели до утворення значної кількості сховищ неутилізованих відходів, в першу чергу, у Промисловому Придніпров'ї (щодо інших областей, показники техногенного навантаження перевищують середній рівень у ~ 15 разів (зокрема 450 тис т/км² порівняно з 33 тис т/км²). Природні умови території (у т. ч. геологічні особливості, тектонічна будова, екзогенні процеси та ін.) контролюють зміну геологічного середовища під дією цих сховищ. Державний механізм регулювання геоecологічного стану техногенно-навантажених територій разом з розробкою технологій зниження кількості відходів підприємств обумовлює важливість удосконалення системи комплексного екологічного моніторингу, сучасний розвиток якої не дозволяє в достатньому обсязі оперативно отримувати вихідну інформацію для прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів. Їх робота пов'язана з відходами на всіх етапах функціонування – від проектування до ліквідації. При цьому однією із суттєвих проблем є отримання інформації часто на недоступних ділянках для прямих геологічних та екологічних досліджень, зокрема в межах охоронних (санітарно-захисних) зон сховищ відходів. Ефективне вирішення цієї проблеми можливе за допомогою комплексного застосування геолого-геофізичних методів. Накопичений досвід вирішення конкретних геоecологічних та інженерних задач є надійним підґрунтям систематизації геолого-геофізичних досліджень техногенно-навантажених територій для оцінки всіх природно-техногенних факторів, що діють певним чином на просторі змін у геологічному середовищі шляхом удосконалення фізико-геологічного моделювання, геоecологічного картування та комплексування геолого-геофізичних методів у системі комплексного екологічного моніторингу. Це, з одного боку, дозволяє підвищити оперативність проведення моніторингових

геолого-геофізичних досліджень, а з іншого – ефективно прогнозувати напрямки та зони зміни геологічного середовища під дією існуючих та майбутніх промислових об'єктів, приймати відповідні управлінські рішення щодо зниження змін геологічного середовища при подальшій техногенній діяльності. У зв'язку з цим обґрунтування ефективного використання геолого-геофізичних методів для визначення геоecологічного стану техногенно-навантажених територій у системі комплексного екологічного моніторингу є актуальною науковою задачею для промисловості України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року», затвердженого 21.12.2010 № 2818-17, Закону України «Про відходи» № 187/98-вр редакція від 26.10.2014, в рамках науково-дослідної роботи Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» за держбюджетною темою ГП – 409 «Структура, геодинаміка, техногенез Донбасу як основа його адаптації до ресурсних потреб України» № 0108U000540. Проведені дослідження є складовими частинами тематичної роботи ДГЕ «Дніпрогеофізика», «Виявлення та картування геофізичними методами підземних техногенних пустот для прогнозування провальних-зсувних явищ та їх подальшого розвитку з метою попередження аварійно-небезпечних ситуацій на території Кривбасу» (У-12-291/13).

Мета роботи – науково обґрунтувати використання комплексу геолого-геофізичних методів для визначення геоecологічного стану техногенно-навантажених територій у системі комплексного екологічного моніторингу. Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

1. Аналіз і узагальнення інформації щодо розв'язання основних геоecологічних проблем техногенно-навантажених територій на основі застосування фізико-геологічного моделювання частини геологічного середовища, що знаходиться під дією промислових об'єктів, картування геологічного середовища під час вирішення екологічних та інженерних задач за

допомогою геолого-геофізичних методів, дослідження сучасних підходів, а також використання геофізичних даних у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій України.

2. Розробка системи фізико-геологічних моделей частини геологічного середовища, яке змінюється під дією техногенних об'єктів (наприкладі сховищ промислових відходів), як основи ефективного використання геофізичних методів у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

3. Визначення математичного апарату, алгоритмів та програм обробки різномасштабної картографічної геофізичної та тектонічної інформації з метою прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів та обґрунтування ділянок (пунктів, станцій, полігонів) проведення детальних геолого-геофізичних робіт у системі комплексного екологічного моніторингу.

4. Обґрунтування раціональних комплексів геолого-геофізичних методів для оцінки геоекологічного стану техногенно-навантажених територій у системі екологічного моніторингу (наприкладі районів великих сховищ відходів у Промисловому Придніпров'ї).

Об'єкт дослідження – зміна фізичних властивостей геологічного середовища та аномалії фізичних полів під техногенним впливом сховищ промислових відходів.

Предмет дослідження – комплекс геофізичних даних при визначенні геоекологічного стану техногенно-навантажених територій.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених завдань у роботі під час аналізу, узагальнення, обробки та інтерпретації отриманої геолого-геофізичної інформації були використані такі методи: статистичної обробки (у т. ч. регресійний аналіз); математичного моделювання, аналогії та фізико-геологічного моделювання, методи обробки нечіткої інформації, комп'ютерної обробки даних, що реалізовані в програмних продуктах (Surfer, Res2dmod, Res2dinv, Res3dmod, Res3dinv, Voxler, Ipi2win, Tesseract, Photoshop, Excel, Statistica, C++), дедукції та індукції, експертних оцінок. Використано комплекс

геофізичних досліджень: граві-, магніто-, електро- і радіометрична та сейсмічна розвідки. Оброблено різномасштабну картографічну геофізичну інформацію для прогнозування напрямків та зон зміни геологічного середовища навколо сховищ промислових відходів у процесі геоекологічного картування техногенно-навантажених територій, оброблено вихідні дані (геофізичні, геоморфологічні, техногенні) щодо 20 найбільших сховищ відходів цього регіону та побудовано систему їх фізико-геологічних моделей. Створено комплект різномасштабних картосхем щільності індикаторів розломів (з азимутами простягання 0° , 270° , 17° , 287° , 35° , 305° , 45° , 315° , 62° , 332° , 77° , 347°) на шести основних ділянках Промислового Придніпров'я, де техногенні зміни геологічного середовища проявляються у геофізичних полях.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Урахування при фізико-геологічному моделюванні приповерхневої частини геологічного середовища особливостей конструювання і функціонування сховищ промислових відходів дозволяє прогнозувати за комплексом геолого-геофізичних даних просторово-часові особливості зміни геологічного середовища навколо них.

2. Комплексна формалізована оцінка прояву розломів земної кори у геолого-геофізичних ознаках при обробці відповідної картографічної інформації з укрупненням до 10 разів її масштабу дозволяє оперативно визначати та уточнювати мережу детальних геофізичних досліджень у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше для визначення напрямків та ділянок потенційної зміни геологічного середовища під дією основних типів сховищ відходів (ярово-балкових, схилових, поверхневих та при поверхневих) при побудові відповідних фізико-геологічних моделей ураховано особливості їх розташування, конструкцій та функціонування.

2. Вперше на основі розробленої формалізованої процедури обробки геолого-геофізичних та геоморфологічних даних, що базується на апараті теорії

нечітких множин, проведено районування території Середньо-Придніпровського мега-блоку Українського щита за потенційними напрямками просторової зміни геологічного середовища та визначено кореляційну залежність між інтенсивністю прояву зон підвищеної щільності індикаторів розломів та розподілом гравітаційного й магнітного полів.

3. Вперше визначено числові закономірності зміни інтенсивності прояву зон підвищеної щільності індикаторів систем розломів земної кори різних рангів при укрупненні масштабу геолого-геофізичних досліджень з урахуванням співвідношення "ваги" відповідних граві- та магнітометричних даних, що дозволяє прогнозувати просторові особливості зміни геологічного середовища під дією сховищ промислових відходів та обґрунтовувати розташування ділянок деталізаційних досліджень у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

4. Вперше обґрунтовано підходи до комплексування геолого-геофізичних методів з використанням різномасштабної тектонічної та гідрогеологічної інформації для ефективного вирішення задач комплексного екологічного моніторингу щодо прогнозу і попередження змін геологічного середовища навколо основних типів сховищ промислових відходів на етапах їх проектування, будівництва, експлуатації та ліквідації.

Наукове значення роботи полягає у виявленні факторів і механізмів зміни фізичних властивостей геологічного середовища під дією промислових об'єктів, що є підставою для систематизації та обґрунтування раціонального використання комплексу геофізичних методів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

Практичне значення результатів дослідження. У рамках виконання дисертаційної роботи обґрунтовані та розроблені підходи до вдосконалення системи комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій на основі використання геолого-геофізичних методів, що мають самостійне значення і дозволили отримати такі практичні результати:

1. Побудовані фізико-геологічні моделі аномальних ділянок (підвищеної мінералізації водоносних горизонтів) у геологічному середовищі, створені під дією основних типів сховищ відходів, з використанням програмних пакетів Ipi2win, Tesseral, Res2dmod, Res3dmod, Res2dinv, Voxler. Для дослідження особливостей проведення геолого-геофізичних робіт (зокрема, методами електротомографії, вертикального електрозондування (ВЕЗ) та міжсвердловинного прозвучування (МП)) побудовано та проаналізовано одно-, дво- і тривимірні фізико-геологічні моделі аномальних геоекологічних ділянок у геологічному середовищі.

2. Розроблений алгоритм, що реалізований у вигляді програми, для прогнозування за комплексом геолого-геофізичних даних зміни геологічного середовища навколо сховищ відходів у процесі геоекологічного картування на основі апарату нечітких множин. Побудовано комплект картосхем щільності індикаторів за окремими азимутами простягання систем розломів (0° , 270° , 17° , 287° , 35° , 305° , 45° , 315° , 62° , 332° , 77° , 347°) та проведено аналіз різномасштабної картографічної інформації щодо розломно-блокової будови Промислового Придніпров'я масштабів з 1:1000000 по 1:50000 з деталізацією на 6 найбільш техногенно-навантажених ділянках (поблизу міст Дніпродзержинськ, Марганець, Вільногірськ, Жовті Води, Кривий Ріг, Орджонікідзе). Визначені основні напрямки та зони потенційної зміни геологічного середовища на основі аналізу зміни інтенсивності прояву розломів при деталізації масштабів геофізичних досліджень, що, зокрема, є основою для оптимального проектування розміщення нових промислових об'єктів. На основі отриманих результатів уточнені окремі карти Екологічного атласу Дніпропетровської області (2009 р.).

3. Обґрунтовані та проілюстровані на прикладі районів сховищ радіоактивних відходів (РАВ) поблизу Дніпропетровсько-Дніпродзержинської агломерації раціональні комплекси геофізичних методів, що дозволяють підвищити оперативність, знизити вартість проведення робіт та збільшити

об'єм отриманої інформації для оцінки геоекологічного стану техногенно-навантажених територій.

Особистий внесок автора полягає в постановці завдань, розробці методики досліджень, алгоритму обробки геолого-геофізичної інформації для прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів; побудові системи фізико-геологічних моделей частини геологічного середовища, виконанні інтерпретації та аналізі отриманих результатів, що стало основою обґрунтування раціональних комплексів геолого-геофізичних методів у системі комплексного екологічного моніторингу.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджена значним обсягом опрацьованих різномасштабного картографічного геофізичного та тектонічного матеріалів Середньо-Придніпровського мегаблоку Українського щита, задовільним збігом теоретичних результатів, отриманих на різних ділянках дослідження, з наявною геолого-геофізичною інформацією (розбіжність не перевищує 10 %).

Реалізація результатів роботи. Результати роботи були передані у вигляді рекомендацій в ДГЕ «Дніпрогеофізика» для планування детальних геолого-геофізичних робіт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи висвітлені, обговорені і схвалені на IV – VI міжнародних молодіжних наукових конференціях «Довкілля – XXI» (Дніпропетровськ, 2008, 2010, 2012) та V – VII міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів» (Дніпропетровськ, 2009, 2011, 2013), IV міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології та раціонального природокористування» (Кривий Ріг, 2009), «71st EAGE Conference and Technical Exhibition» (Amsterdam, The Netherlands, 2009), міжнародному науковому симпозиумі «Неделя эколога. Экологические проблемы горно-металлургических регионов. Прогрессивные информационные и технологические решения» (Дніпродзержинськ, 2010, 2012, 2015), на VII –

VIII міжнародних наукових конференціях «География, геозкология, геология: опыт научных исследований» (Дніпропетровськ, 2010, 2011), на III та IV Всеукраїнських науково-технічних конференціях студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпропетровськ, 2012, 2013), на міжнародній науково-технічній конференції «Гірнича геологія, геомеханіка і маркшейдерія» (Донецьк, 2013).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи відображено в 29 друкованих роботах, зокрема, у фахових виданнях – 7, журналах, що входять до наукометричної бази – 2, збірниках конференцій – 20.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, додатку, містить 17 таблиць, 57 рисунків, список використаних джерел, що налічує 158 найменувань на 21 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 176 сторінок машинописного тексту, з яких 147 сторінок друкованого тексту.

Автор висловлює щире подяку науковому керівнику доктору геологічних наук, с.н.с. О.К. Тяпкіну за постійну увагу і допомогу у проведенні досліджень та цінні зауваження. Також автор висловлює подяку зав. кафедрою геофізичних методів розвідки д. геол. наук, проф. М.М. Довбнічу за надану можливість навчатися в аспірантурі, співробітникам кафедри канд. геол-мін. н. В.П. Солдатенко за консультації з питань розломно-блокової будови та лінеаментного аналізу, канд. геол-мін. н. А.Л. Лозовому за консультації з проведення електротомографії, канд. фіз.-мат. н. В.Н. Логвіну за надані рекомендації щодо оформлення, канд. геол. н. Я.В. Мендрій за консультації під час побудови фізико-геологічних моделей геоекологічного впливу сховищ відходів; д. геол. н. П.Г. Пігулевському за надані матеріали з геофізичних досліджень техногенно-навантажених територій, д. техн. н., проф. каф. гідрогеології Д.В. Рудакову за надані рекомендації щодо вдосконалення наукових висновків та термінології. Також автор висловлює подяку зав. кафедрою психології ДДІФКіС проф. Л.Л. Андрюшиній за рекомендації стосовно впливу на населення обробленої геолого-геофізичної інформації.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ТЕХНОГЕННО- НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1. Проблематика сучасного розвитку системи екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій

На цей час у багатьох країнах світу реєструються прояви глобальної геоекологічної кризи. Процеси деградації геологічного середовища поступово поширюються внаслідок технічного прогресу. Якщо обсяги виробництва у світі зросли в ХХ столітті більш ніж у 20 разів, то і об'єми відходів та забруднень зросли не в меншій мірі. При цьому в процесі переробки корисних копалин найчастіше використовується до 2 % від маси видобувної сировини, а решта йде у відвали (порожня порода, руди у низьких концентраціях, ґрунт та ін.), тобто виробляються головним чином відходи. При переробці приблизно 100 гігатонн сировини на рік та в період видобутку пересувається 1000 гігатонн гірської породи та витрачається води. Для переробки таких об'ємів сировини необхідна енергія потужністю до 10 терават. Слід зауважити, що вчені в усьому світі розробляють і впроваджують на підприємствах нові технології переробки для скорочення кількості промислових відходів. Однак при загальному зменшенні обсягів відходів підвищується їх токсичність [43].

Сучасний статус України як незалежної держави потребує подальшого розвитку промислової діяльності (особливо експортної продукції) [62, 70]. Її економіка орієнтована на видобуток сировини, зростання обсягу виробництва, а також на зростання валового національного продукту. Але значення валового національного продукту не враховує такі геоекологічні показники, як забруднення середовища, деградація природних систем, погіршення стану природних ресурсів тощо. Тому економічне зростання з екстенсивним характером промисловості, який переважно склався за попередні періоди, призводить до деградації природних ресурсів та потребує все більшої кількості мінерально-сировинних та енергетичних ресурсів, водоспоживання, що разом с

природними процесами (ендогенними, екзогенними) спричинює зміну фізичних властивостей компонентів геологічного середовища [116, 73]. Під терміном геологічне середовище згідно з Є.М. Сергєєвим (1979) будемо розуміти "верхню частину літосфери, яка розглядається як багатокomпонентна динамічна система, яка перебуває під впливом інженерно-господарської діяльності людини і, в свою чергу, певною мірою визначає цю діяльність" [116, 117].

Досі залишаються неповністю опрацьованими напрямки переходу техногенно-навантажених регіонів на принципи сталого розвитку. Цільовими установками є розробка стратегій екологічно збалансованого природокористування, обґрунтування стратегічних напрямів і конкретних заходів щодо попередження можливих негативних природно-техногенних наслідків, а також напрямів державного впливу на процеси модернізації природно-ресурсної сфери, здатних, зокрема, забезпечити поліпшення геоекологічного стану техногенно-навантажених територій [110, 111].

Доцільність роботи гірничодобувної та переробної галузей України у великих масштабах в останній час викликає все більше сумнівів. Кількість об'єктів недровикористання досягає приблизно 3350 родовищ і близько 2 тис гірських і збагачувальних підприємств [110]. При цьому значно відстає рекультивация та реабілітація порушених територій. Наслідком інтенсивного використання природних ресурсів став критичний стан геологічного середовища в основних старопромислових гірничовидобувних регіонах, на яких відбувається загострення геоекологічних проблем (просідання, провали, карст, зсуви, підтоплення і забруднення територій, накопичення значних мас відходів, ризик транскордонних надзвичайних ситуацій та інші). Таке погіршення геоекологічних умов і зниження безпеки життєдіяльності населення спостерігається зокрема в Криворізькому залізрудному басейні, Нікопольському марганцеворудному басейні, Донецькому вугільному басейні та інших регіонах. Причому геологічне середовище змінюється під дією промислових об'єктів упродовж всього процесу, від відобутку сировини та первинної переробки через процеси виробництва до використання кінцевого

продукту та розміщення відходів [70, 71]. Геологічне середовище є мінеральною основою біосфери і головним "депо" великих об'ємів техногенного навантаження [112, 101].

При цьому багато міждисциплінарних геоекологічних проблем знаходяться на регіональному рівні (радіоактивне забруднення зони Чорнобиля, деградація басейну моря, погіршення екологічного стану території видобутку, збагачення, первинної переробки і транспортування рудних корисних копалин, вуглеводнів та ін.) [72, 102]. Україна разом з іншими країнами Центральної Європи і колишнього СРСР на сучасному етапі повинна віддати пріоритет боротьбі із негативною зміною фізичних властивостей геологічного середовища [40, 71]. Дослідження та оцінка змін геологічного середовища під впливом промислової діяльності проводять вчені-«геоекологи». Використання цього терміну зустрічається з ХХ ст. у працях Є.О. Козловського, Є.М. Сергєєва, К. Тролля, В.Т. Трофімова та ін. [126, 43, 85, 117, 125] У даний час поняття «геоекологія» досить поширене. Відомо, що екологія – біологічна наука, яка досліджує взаємозв'язок живих організмів із середовищем їх проживання, причому об'єктом дослідження є саме жива речовина. А фактори середовища проживання цих організмів і є об'єктами геоекології.

У даній роботі під терміном «геоекологія» будемо розуміти науковий напрямок на перетині геології та екології. Геоекологія – це наука, яка досліджує природні й техногенні фактори, що впливають на біоту і біологічні види, у т. ч. і на людину, в умовах Землі. До складу геоекології входить і екологічна геологія як область вивчення екологічних функцій літосфери в т.ч. геофізико-геохімічної – природи ореолів аномалій фізичних полів (а також їх впливу на живі організми через оцінку санітарно-гігієнічного та медико-біологічного стану території) [126, 88, 124].

Об'єктом і предметом досліджень геофізичної складової аналізовуваної функції є аномалії геофізичних полів, пов'язані із зонами тектонічних порушень, підвищеною тріщинуватістю, похованими річковими долинами та ін. [135, 43, 142]. Створені окремі геоекологічні карти для території України чи

областей не враховують усі фактори, що діють на геологічне середовище, і не можуть бути використані для прогнозу напрямків його зміни (рис. 1.1) [87, 78].



Рисунок 1.1 – Об'єм щорічного техногенного навантаження, що припадає на приземні шари атмосфери (фотокопія) [85].

На рисунку 1.1 видно, що найбільше щорічне техногенне навантаження на приземні шари атмосфери спостерігається у районі Промислового Придніпров'я ($> 62,4 \text{ кг / км}^2$). Найбільша кількість викидів у водні ресурси зафіксована також на цій території [120]. Значне накопичення промислових відходів призводить до зміни геологічного середовища, в т. ч. його фізичних та хімічних властивостей навколо промислових об'єктів, особливо сховищ відходів, що може негативно позначитися на стані біоти та здоров'ї населення.

На даний час не має достатньої інформації, відносно зміни геологічного середовища під дією всіх об'єктів (у т. ч. сховищ відходів, які вже не експлуатуються, але досі не законсервовані), стану гребель, ложе всіх сховищ відходів, а також не має методики визначення ділянок геологічного середовища для безпечного розташування нових сховищ відходів з урахуванням природних і техногенних процесів [62]. Середній видобуток корисних копалин в Україні становить близько 480 млн т на рік, в обсягах значно домінує залізна руда (близько 170 млн т) та кам'яне вугілля (80 млн т) [47, 87, 120]. Важливим для економічного розвитку є видобуток марганцевої руди, нафти та металів. За прогнозними розрахунками видобуток корисних копалин до 2020 року

моніторингу, прогнозування і зменшення змін геологічного середовища територій, наближених до сховищ [104, 126]. У табл. 1.1 подано динаміку об'ємів відходів 1 – 3 рівня небезпеки створених з 2000 по 2013 рік [120].

Таблиця 1.1 – Показники переробки відходів в Україні (2000 – 2013 рр.)

Рік	Утворилось відходів, тис т	Утворилось, %	Перероблено, %	Очищено, %
2000	2613,2	100	49,017	3,64
2001	2543,3	100	85,326	4,79
2002	1728,8	100	75,821	22,58
2005	2436,8	100	32,912	15,68
2006	2420,3	100	28,484	6,23
2010	2411,8	100	33,639	5,12
2011	2370,9	100	33,321	5,06
2012	2585,2	100	38,504	2,92
2013	923,8	100	47,521	1,63

Відповідно до Закону України «Про відходи» однією з найважливіших проблем України є зміна геологічного середовища під дією багатьох природних факторів, а саме: особливостей і процесів у верхній частині розрізу та техногенної діяльності. Під верхньою частиною геологічного розрізу (ВЧР), за Г.С. Вахромєєвим, будемо розуміти приповерхневу частину геологічного середовища, яка складається з порід осадового чохла потужністю, що для досліджень у рамках цієї роботи сягає 30 – 60 м [34].

Необхідність використання геолого-геофізичних методів у вирішенні геоекологічних завдань (особливо у комплексному геоекологічному моніторингу) обумовлена тим, що виконання понад 70 міжнародних багатосторонніх угод і конвенцій, учаником яких є Україна, потребує оперативного отримання та використання інформації щодо геоекологічного стану навколишнього природного середовища та прогнозування його змін [104, 111]. Поняття моніторингу з'явилося у 1972 р. в Стокгольмі на конференції ООН та у 1992 р. після прийняття Декларації Ріо-де-Жанейро.

Сучасний розвиток системи геоecологічного моніторингу в Україні повинен здійснюватися з урахуванням загальноєвропейських вимог. Відповідно до Законів України «Про відходи», «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [110] та розпорядження Кабінету Міністрів України № 577-р від 25.05.2011 затверджено головний механізм реалізації Стратегії – Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки (зокрема п.п. 111, 132, 218), де визначено конкретні заходи поетапного досягнення стабілізації і поліпшення геоecологічного стану навколишнього природного середовища України [110, 111]. Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ країна, на території якої розташовані об'єкти підвищеного промислового значення, зобов'язана проводити повний комплекс досліджень, включаючи моніторингові [95]. Необхідними шляхами виконання Державних та регіональних програм є забезпечення безперервності спостережень за компонентами геологічного середовища, удосконалення нормативного, методичного, технічного та організаційного забезпечення для створення єдиної мережі спостережень [1]. Окрім того, встановлення факторів, що чинять шкідливий вплив на здоров'я населення, підвищення рівня інформованості населення про стан навколишнього природного середовища, скорочення строків розроблення і підвищення якості та ефективності управлінських рішень, а також підвищення ефективності використання засобів спостереження за зміною геологічного середовища під дією промислових об'єктів. Окрім діючих контрольованих об'єктів промисловості, на території України створені сховища відходів, на яких уже накопичено близько 36 млрд т відходів, з яких 136 млн т – радіоактивні, у т. ч. від переробки та збагачення уранової сировини [120, 13, 32]. Ці сховища створюють «залишкове техногенне навантаження». Його характеристикою будемо вважати кількість накопичених відходів на одиницю досліджуваної площі. Загалом рівень залишкового техногенного навантаження території України сягає 60 т / км^2 , а щорічне накопичення становить від $0,025$ до $32,81 \text{ т / км}^2$ для відходів 1 – 3 класу небезпеки та близько 216 т / км^2

загальних відходів. Згідно з аналізом статистичної державної інформації відносно кількості накопичених відходів зроблено висновок, що найбільше техногенне навантаження сформоване на території Середнього Придніпров'я. Обсяг викидів зі стаціонарних джерел в атмосферне повітря щороку становить понад 4,8 млн т [120]. Через атмосферне повітря забруднення потрапляє до ґрунтів, рослинності, водних ресурсів [21, 57, 152]. Це призводить до збільшення значень мінералізації води в річках та підземних водоносних горизонтах, зміни радіаційного фону, гравітаційного та магнітного полів і швидкості проходження хвиль [31, 46, 84]. Такий процес відбувається також у результаті зменшення глибини залягання водоносних горизонтів в окремих місцях, замочування тіла відходів, розмивання гребель, формування техногенних водоносних горизонтів. В Україні зафіксовано більше 350 осередків підвищеної мінералізації підземних водоносних горизонтів з умістом шкідливих речовин в деяких місцях до 45 граничнодопустимих концентрацій [49, 37]. У цілому площі природного та техногенного підтоплення охоплюють близько 70 тис км² або 12 % території України і мають тенденцію до зростання. Значне техногенне навантаження у центральній частині України призводить до необхідності першочергових досліджень зміни геологічного середовища під дією існуючих сховищ відходів та проведення відповідних робіт у цьому напрямку щодо зменшення таких змін на техногенно-навантажених територіях. В той же час зростання об'ємів видобування і переробки корисних копалин та утворення нових відходів потребує оцінки можливого нарощування існуючих сховищ, оцінки можливостей вторинної переробки чи утилізації накопичених відходів та обґрунтування місць розташування нових сховищ [40].

Прогноз змін геологічного середовища в районах накопичення залишкового техногенного навантаження (що являє собою сховища відходів) – одна з найважливіших проблем, не вирішення якої може призвести до неправильних управлінських рішень відносно переробки і утилізації відходів, погіршення господарської діяльності та здоров'я людини [43, 86, 122, 142]. Ці дослідження та рішення повинні прийматися з урахуванням впливу на фізичний

та психологічний стан людини [119]. У науковій літературі можна зустріти досить велику кількість публікацій як зарубіжних, так і вітчизняних авторів, у яких розглядаються підходи до оцінки наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [55, 65]. Однак питання оцінки інформування населення про прогнозний геоекологічний стан на основі оброблених моніторингових досліджень ще залишається відкритим [110].

Для вирішення завдань прогнозування напрямків зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів необхідне врахування основних найбільш впливових факторів. На стан та динаміку процесів у ВЧР впливають природні (атмосферні та поверхневі) та техногенні (фізико-хімічні та енергетичні) процеси, а також ендегенні фактори (сучасні геодинамічні процеси) [82, 96, 113] (рис. 1.4).

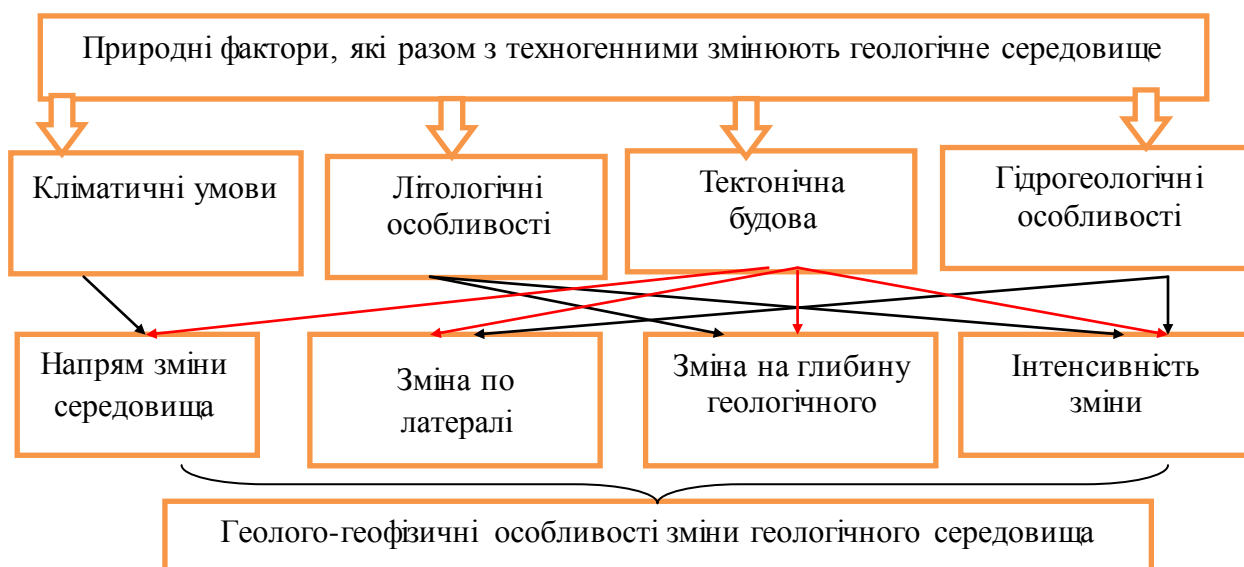


Рисунок 1.4 – Природні фактори та особливості змін геосередовища

Промислові відходи, що нерівномірно накопичувалися десятиліттями у центральній частині України, постійно знаходяться під впливом природних і техногенних факторів. За рахунок забруднення геологічного середовища змінюються фізичні властивості порід ВЧР. У результаті з'являються нові геофізичні аномалії різної інтенсивності і розташування. [149, 157, 148, 155, 82]. З точки зору геофізики основними видами забруднення геологічного середовища можливо вважати геохімічне і радіоактивне.

Геохімічне забруднення ґрунтів, корінних порід і підземних вод може бути природним, наприклад за рахунок дії природних електричних полів окислювально-відновної природи на рудних покладах, і штучним, наприклад, твердими відходами при розвідці та експлуатації шахт і рудників, відходами промислового та сільськогосподарського виробництва, звалищами побутових відходів, рідкими забруднювачами при розливах нафти, нафтопродуктів, стоками гірничих підприємств (зокрема з відстійників, шламосховищ) та ін. Але найбільшу небезпеку становлять радіоактивні зараження різними радіонуклідами після аварій і катастроф [38, 72, 149, 150, 153].

Рівень радіаційного забруднення визначають методами радіометрії (екорадіометрії), у т. ч. аеро-, автогамма-спектрометричної і пішохідної гамма-зйомки, обстеження промислових підприємств і житлових масивів з метою вивчення розподілу природних і штучних радіонуклідів. Радіолокаційне зондування базується на застосуванні сучасних георадарів. Досліджуються скиди, карстові пустоти, місця активної фільтрації поллютантів і каверн в тілі гребель, хвостосховищ тощо. Серед фізичних методів контролю різних забруднювачів використовуються ядерно-фізичні, люмінесцентні, лазерної спектроскопії, лазерної флюоресценції та ін. [5, 74, 134]. Урахування комплексної геолого-геофізичної інформації разом з урахуванням кліматичних умов дозволить визначати напрям, інтенсивність та об'ємні закономірності зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів навколо сховищ відходів та інших промислових об'єктів [27, 52, 51, 56, 59]. У багатьох країнах уже існують повні промислові цикли та на державному рівні створені програми переробки й утилізації відходів та попередження впливу на довкілля і здоров'я населення. США, Бельгія, Канада, Китай, Фінляндія, Франція, Німеччина, Японія, Росія, Іспанія, Швеція, Швейцарія та Великобританія інвестують значні гроші в програми переробки й утилізації відходів, а особливо радіоактивних. Проводяться дослідження для зменшення наслідків аварій, таких як у 1957 р. – ВО «Маяк», Челябінська обл., Росія; 1986 р. – Чорнобильська АЕС, Україна, 2011р. – «Фукусіма - 1», Японія, що призвели до

утворення ділянок з високим рівнем радіонуклідів. У країні Західної Європи – Великобританії, Франції, Іспанії та деяких інших державах – існують корпорації, що відповідають за утилізацію відходів, яких вже накопичено понад 2 млн т. [90, 153]. На даному етапі розвитку науки і технологій згідно з рекомендаціями МАГАТЕ найкращим і перспективним методом захоронення відходів вважається глибинне у геологічних формаціях [82, 95, 112]: потужних слабопроникних масивах глин, кам'яної солі, граніту та інших породах кристалічного типу з окремими параметрами [86] та особливостями, у т. ч. тектонічними та газоутворенням. Розглядається можливість захоронення радіоактивних та промислових відходів у глибинні водоносні горизонти [44]. Досліджується можливість цілеспрямованого формування та використання сховищ як вторинних джерел видобутку корисних копалин [40, 90]. На рис. 1.5 наведені передбачені законодавством сучасні шляхи зменшення техногенного навантаження і попередження змін у геологічному середовищі України.

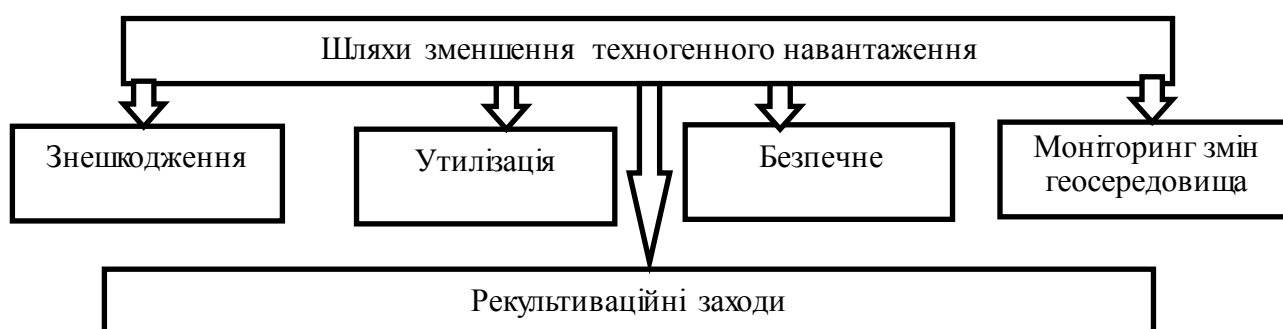


Рисунок 1.5 – Сучасні шляхи зменшення техногенного навантаження

Важливим етапом у цьому процесі є рекультиваційні заходи (визначення дій щодо усунення змін геологічного середовища, перекриття водонепроникним шаром, насаджування рослин поверх нього, перевезення відходів до іншого сховища або переробка) та геолого-геофізичні дослідження у моніторинговому режимі (контроль та зміною фізичних властивостей відходів, дослідження змін вміщувальних порід, контроль за станом гребель, контроль за властивостями відходів у процесі рекультиваційних дій) [55]. Однак створення системи та методики дослідження не завершено. Перед

формуванням сховищ необхідне геоекологічне картування, моделювання території та оцінка прогнозованої зміни геологічного середовища, а потім після заповнення сховища – активне проведення рекультиваційних заходів [35, 39].

При дослідженні геологічного середовища геофізичні методи можуть надати додаткову інформацію на ділянках, недоступних для прямих досліджень, зокрема на території санітарно-захисних зон сховищ [72]. Геофізичні роботи відрізняються підвищеною щільністю спостережень, що забезпечує підвищення інформативності та економічної ефективності робіт, оскільки дозволяє інтерполювати й екстраполювати дані більш трудомістких гідрогеологічних досліджень на окремих опорних точках на всю площу, вивчену «високопродуктивними» геофізичними методами [34].

1.2 Досвід використання геофізичних методів при вирішенні геоекологічних завдань у системі екологічного моніторингу

1.2.1. Розвиток геофізичних досліджень екологічної спрямованості

За минулий час розширилися уявлення про фізико-геологічне моделювання об'єктів, що лежить в основі вибору раціонального комплексу геофізичних методів, з'явилися нові методи і технології спостережень (комбінована сейсморозвідка при вивченні глибинної будови земної кори, сеймостратиграфія, радарна зйомка і радіолокаційне зондування при вивченні верхньої частини геологічного розрізу, електророзвідка та ін.), зросла точність реєстрації потенційних полів за рахунок розробки комп'ютеризованих граві- і магнітометрів, збільшилася глибинність і роздільна здатність геофізичних досліджень, з'явилися геоінформаційні технології при побудові комплексних фізико-геологічних моделей на основі багаторівневих спостережень [1, 2].

Спираючись на результати досліджень В.О. Богословського, Г.С. Вахромеєва, М.М. Горяїнова, І.І. Гурвіча, О.О. Нікітіна, О.О. Огільві, В.К. Хмелєвського та інших, перспективи ефективного використання геофізичних методів при вирішенні окремих інженерних та геоекологічних

завдань визначаються, в першу чергу, великою кількістю фізичних полів, об'єктивно показуючих статику та динаміку геологічного середовища, особливо пов'язаних з геоекологічним станом (через геолого-петрографічні, водно-фізичні, геохімічні та інші характеристики) [34, 79, 82, 96, 100]. Широке застосування та значний досвід використання геофізичних методів у геологорозвідувальному процесі та інженерних дослідженнях можуть значно підвищити ефективність та оперативність геоекологічних досліджень. Геофізичними методами досліджується стан, стійкість, мінливість геодинамічних, гідрогеологічних, геохімічних та інших процесів у геологічному середовищі на основі інформації про стан геофізичних полів, їх зміни у просторі та часі. Геофізичні методи при дослідженні ВЧР розпочали застосовувати у 20-ті роки ХХ століття й ефективно використовують сьогодні для пошуків джерел водопостачання, досліджень гідрогеологічного режиму родовищ корисних копалин, пошуків термальних джерел, досліджень фізичних властивостей порід, зміни властивостей середовища під дією гідрогеологічного режиму та часу, тектонічного та техногенного факторів. Ці методи ефективно використовують для проектування інженерних споруд, в процесі будови [38].

Екологічний напрям у геофізиці під назвою "екологічна геофізика" має досить розробок, що охоплюють предмет екологічної геофізики, фізико-геологічні моделі (теорія) і методи екогеофізичних робіт, визначення геохімічних аномалій (практика). За визначенням Г.С. Вахромеєва, екологічна геофізика (екогеофізика) – "один з нових напрямків розвідувальної геофізики, що поєднує геофізичні дослідження верхньої частини геологічного розрізу і прилеглих частин атмосфери з метою вирішення різноманітних екологічних завдань" [34]. Важливим завданням екологічної геофізики, за твердженням М.І. Орлюка, є дослідження та контроль середовища проживання людини [97]. Геофізичні методи дозволяють забезпечити високу точність вимірів фізичних полів (природних чи техногенних джерел), а також концентрації хімічних елементів, і, на відміну від розвідувального процесу, є прямим засобом дослідження навколишнього середовища. Поступово екологічна геофізика (яка

формується з екологічних розділів усіх методів прикладної геофізики) набуває великого практичного значення. Сучасні геофізичні методи можуть забезпечити [32]: високу детальність дослідження геологічного анізотропного середовища на невеликих глибинах з різними водно-фізичними характеристиками в результаті прояву різноманітних природних та техногенних процесів; прискорення, здешевлення польових робіт та можливість проведення повторних спостережень завдяки використанню полегшених вимірювальних установок; високу точність одержуваної інформації внаслідок комплексного використання до 3 – 4 методів різної фізичної природи; можливість використання бурових свердловин і гірничих виробок.

Особливості картування змін приземних шарів атмосфери. Для картування процесів розповсюдження речовин, у т. ч. радіоактивних, в приземних шарах атмосфери та перерозподілу в інші компоненти геологічного середовища застосовують математичне моделювання. Ореол та концентрація забруднення від об'єктів промисловості у приземних шарах атмосфери залежить від природних факторів: рельєфу, швидкості вітру, температури, вологості, кількості опадів і т. ін. [147, 155] До промислових факторів відносять: наявність автомобільного транспорту, продуктів горіння, звалищ, викидів промислових підприємств (а також атомних електростанцій), утворення пилу на поверхні сховищ відходів та ін. Картуванням розподілу концентрацій окремих елементів займалися в Європі та Росії і кожні 5 років видавався Атлас атмосферних опадів важких металів.

Особливості картування змін ВЧР. Разом з відходами промислової діяльності джерелами забруднення в ґрунтах також є добрива, вода, використання пестицидів і органічних добавок у сільському господарстві. Забруднення у породах ВЧР знаходиться у водорозчинній, обмінній, необмінній та прочнофіксованій формах. Склад забруднення, фізико-хімічні властивості порід верхньої частини розрізу і метеорологічні умови впливають на механізми міграції, дифузії та конвективного перенесення по водоносних горизонтах чи між ними [156, 149, 157, 154, 151]. Серед геофізичних методів зміну

властивостей порід ВЧР досліджують найчастіше методами сейсморозвідки.

Особливості картування змін водоносних горизонтів. Зміна властивостей водоносних горизонтів добре проявляється в електророзвідці та деяких варіантах сейсморозвідки. При картуванні розповсюдження забруднень через водоносні горизонти для прийняття управлінських рішень також застосовують моделювання. В моделях ураховують як окремі параметри, так і комплекси факторів: особливості літологічного складу гірських порід та ґрунту, сучасні геодинамічні процеси та метеорологічні чинники. Для прийняття управлінських рішень визначають кількісні критерії рівня захищеності водоносних горизонтів від забруднення, у т. ч. від забруднення радіонуклідами, для подальшого регулювання їх переміщення й повторного картування [76, 109, 141]. На відміну від геологорозвідувального процесу геофізичні аномалії верхньої частини розрізу є індикаторами зміни геологічного середовища [82, 85, 93]. Інтерпретація таких аномалій більш визначена та однозначна (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Особливості техногенних та природних геофізичних аномалій

Параметр	Техногенні аномалії	Природні аномалії
Джерела	Сховища відходів, ореол забруднення ВЧР, під'їзні шляхи, пульпопровід, інженерні споруди тощо	Геологічні умови (властивості гірських порід ВЧР, глибина залягання водоносного горизонту, тектонічна будова, рел'єф), атмосфери та Космосу, метеорологічні процеси
Форма та розміри джерел	Різноманітні за розмірами, формою, будовою, якісним та кількісним складом генерованих ними полів. Від незначних окремих 5 – 10 м ² (ділянки розсипання руди), лінійних (пульпопроводи, під'їзні шляхи) до площадних 1 – 10 км ² (сховища відходів, ореоли забруднення)	Різноманітної форми, від ореолів розсіяння до лінійних розломів. Вони є джерелом закономірно розташованих локальних полів напруг та деформацій, які є зонами підвищеної тріщинуватості та водо- й флюїдо-проникливості, у результаті сучасних геодинамічних процесів. Тектонічні розломи визначають потенційні зони яроутворення, просадок, зсувів та інших сучасних екзогенних геологічних процесів
Розміри аномалій	Амплітуди техногенних аномалій дорівнюють, а інколи в декілька разів перевищують подібні природні фізичні поля від геологічних об'єктів	

Використання геофізичних методів і обробка результатів у комплексному геоекологічному моніторингу дозволить оперативно вирішити основні геоекологічні проблеми, розробити систему картування, оцінки і прогнозування геоекологічного стану природного середовища за окремими геолого-геофізичними показниками; виділити найбільш потенційні зони зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів; визначати фізичні властивості відходів у тілі сховища; визначати фізичні властивості та стійкість порід тіла греблі й інших захисних споруд, ложа сховища і вміщувальних порід; контролювати процеси переведення сховищ відходів у безпечний стан та ін. У табл. 1.3 наведені результати ефективного використання геофізичних методів для вирішення основних геоекологічних завдань.

Таблиця 1.3 – Досвід ефективного використання геофізичних методів для вирішення інженерних та екологічних завдань [29 – 36, 41, 42, 45, 46, 48, 67, 68, 74, 79, 98 та ін.]

Завдання, що вирішуються геофізичними методами	Цілеспрямованість методу	Типовий метод або комплекс геофізичних досліджень
Проектування пульпопроводів	Породи, насичені мінералізованою водою мають більшу електропровідність	Метод симетричного електропрофілювання
Встановлення місць пульпопроводів та труб, порушених корозією, а також визначення місць протікання через тіло гребель	Місця протікань характеризуються мінімумом потенціалу та прямою залежністю від інтенсивності	Метод природного електричного поля ПП
Попередження руйнівних та зсувних процесів у тілі дамб	Аномалії геофізичних полів від порід ВЧР	Сейсморозвідка, електророзвідка
Простеження лінійних структур: тектонічних порушень, потенційних ділянок зсуву, пульпопроводів	Лінійна зміна властивостей порід	Мікромагнітна зйомка, електропрофілювання
Картування зон літологічних "вікон", а також при вивченні будови четвертинних покладів. Вивчення горизонтально-шаруватих розрізів, наземні визначення властивостей водоносного горизонту	Зміна питомого електричного опору порід ВЧР	Детальне вертикальне електрондування, електропрофілювання

Продовження таблиці 1.3

Завдання, що вирішуються геофізичними методами	Цілеспрямованість методу	Типовий метод або комплекс геофізичних досліджень
Розчленування порід за літологічним складом, зміна їх властивостей навколо сховищ відходів, виділення водоносних горизонтів, визначення швидкості фільтрації підземних вод, ступеня їх мінералізації	Визначення мінералізації води геофізичними методами засновано на існуванні зв'язку між електропровідністю води і кількістю розчинених у ній солей	У свердловинах використовують КС, ПС, ТК, ГК, ГГК-П, НГК, БКЗ
Визначення швидкості фільтрації підземних водоносних горизонтів та визначення глибини залягання цих горизонтів	Обводнені піски мають підвищену поляризаційну здатність порівняно з глинами	Методи резистивіметрії і зарядженого тіла, методи сейсморозвідки та ВЕЗ способом викликаної поляризації
Картування радіоактивних аномалій	Радіоактивні властивості	Радіометричні методи
Особливості будови геологічного розрізу до глибини 10 м, що створює передумови для вивчення та контролю процесів підтоплення, негативних змін ґрунтів	Дослідження геофізичних параметрів ґрунтів та порід ВЧР (електричного опору, параметрів ВП, швидкості пружних хвиль)	Мікросейсморозвідка та електророзвідка
Дослідження геоелектричних розрізів, що значно відрізняються від горизонтально-шаруватих	Рудні і зони тектонічних порушень, зсувів, насипних і штучних ґрунтів у	Метод електротомографії

Накопичений досвід використання геофізичних методів при дослідженні ВЧР у комплексі з іншою інформацією відносно тектонічної та геологічної будов та гідрогеологічного режиму дозволяє оперативно, не порушуючи цілісності породного масиву, досліджувати зміну фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів. Однак на сучасному етапі в Україні використання геофізичних методів для вирішення геоecологічних задач несистематичне, локальне, неперіодичне, спрямоване на вирішення окремих питань. Тому важливою задачею є систематизація процесу та обґрунтування ефективного застосування комплексу геофізичних методів у геоecологічних дослідженнях на всіх етапах функціонування промислових об'єктів.

1.2.2 Особливості постановки завдань та обробки інформації геофізичних (у т. ч. моніторингових) досліджень геоекологічної спрямованості

Значний внесок у розвиток різних питань (вирішення прямих та зворотніх завдань, моделювання, теорія інтерполяції) геологорозвідувального процесу зробили В.І. Аронова, О.М. Адаменка, П.І. Балка, В.О. Богословського, Є.Г. Булаха, М.Р. Бур'яна, Г.С. Вахромєєва, С.А. Вижви, М.М. Горяїнова, Г.Я. Голіздри, І.І. Гурвіча, О.Ю. Давиденка, М.М. Довбніча, Г.А. Калашник, В.В. Ломтадзе, В.І. Лялька, О.О. Непомнящих, О.О. Нікітіна, О.О. Огільві, М.І. Орлюка, Г.І. Рудька, В.І. Старостенка, В.М. Страхова, К.Ф. Тяпкіна, О.А. Харитонова, В.К. Хмелєвського, Є.О. Яковлева та ін.

На початку геофізичних досліджень формують апріорну модель (опис об'єкта та його приблизних властивостей), виділяють найважливіші характеристики, описують математичні закони, які діють на цій об'єкт чи процес, визначають мету дослідження, проводять дослідження та коректування моделі, наближуючи до реального об'єкта. [48, 52, 69, 88, 146]. Геолого-геофізична інформація про особливості просторового розвитку змін і їх інтенсивності у геологічному середовищі може бути отримана на основі його фізико-геологічного моделювання з техногенною складовою. Тоді досліджувана площа являє собою таку систему: геологічне середовище – джерело геоекологічного впливу – фізичні поля – зміни геологічного середовища під цим впливом. Найбільш простою моделлю геологічного середовища в умовах техногенного навантаження T є адитивна модель:

$$T = T_1 + T_2 + T_3, \quad (1.1)$$

де T_1 – природне геологічне середовище (фонове); T_2 – стійкі регіональні техногенні зміни в результаті тривалих процесів; T_3 – локальні мінливі в часі зміни під дією природних та техногенних факторів [38].

Перші дві складові можна вважати постійними. Це узагальнене і формалізоване подання елементів моделі певною мірою наближення відображає реальні геоекологічні, гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови території. Їх призначення полягає у поданні геологічних об'єктів у інформативних геолого-геофізичних параметрах, що дозволяють виділяти однотипні геоекологічні ситуації (зокрема залягання порід ВЧР, особливості рельєфу, глибина залягання водоносних горизонтів, його зміна протягом року, властивості порід геологічного розрізу та ін.) (рис 1.6).

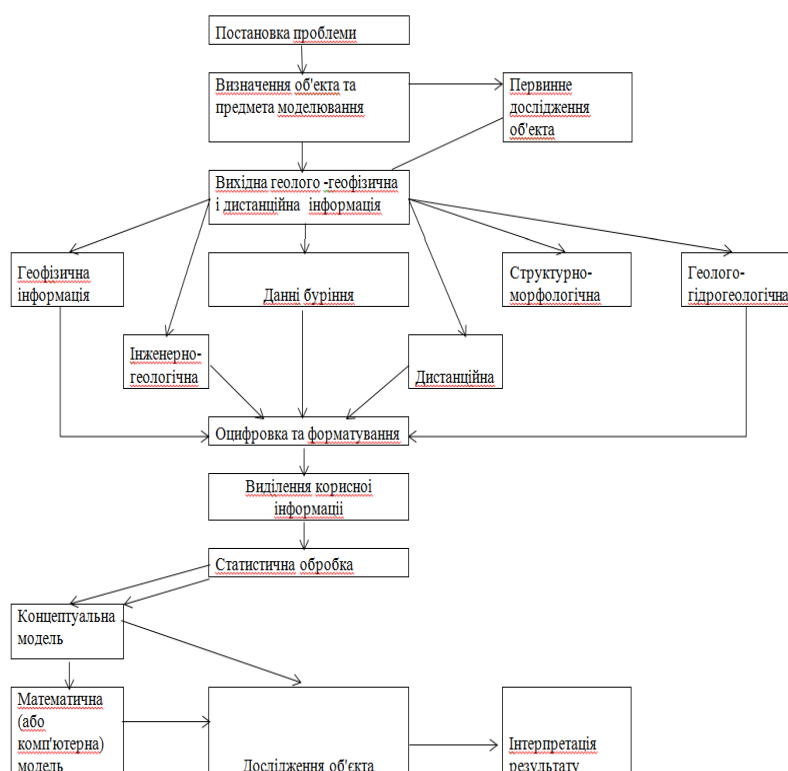


Рисунок 1.6 – Схема геофізичного дослідження для вирішення геоекологічних завдань

Для проведення типізації однорідного розташування промислових об'єктів у геологічному середовищі можливе використання статистичного моделювання, що описано в роботах С.А. Вижви, З.О. Вижви. Тим більше, що розвиток комп'ютерної техніки і числових методів вирішення математичних задач дозволяє широко використовувати математичне моделювання та знижує витрати досліджень. Результати моделювання дозволяють на основі розподілу фізичних властивостей усіх компонентів розрізу та аномальних

значень обрати ефективні геофізичні методи подальшого дослідження компонентів геологічного середовища та його зміни під дією сховищ.

Наступною складовою геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу геологічного середовища техногенно-навантажених територій є проведення геоекологічного картування (комплекс робіт з вивчення геоекологічних особливостей територій та складання їх картографічної моделі, де під зазначеними особливостями будемо розуміти сукупність фізичних властивостей порід геологічного розрізу та геодинамічного стану, що впливає на обумовлені ними зміни у природному середовищі), що передбачає [68, 94]: вивчення властивостей природного середовища, виявлення закономірностей, їх просторової анізотропії, отримання фонових характеристик, типізація природного стану; дослідження зональної зміни геологічних, геофізичних процесів; виявлення джерел техногенних аномалій, їх геоекологічна характеристика, визначення ореолів та властивостей природного середовища, ступеня його зміни, прогнозування геоекологічних ситуацій; оцінка сучасного стану (геометричних розмірів зміни середовища).

Результати геоекологічного картування мають бути основою регіонального прогнозу основних техногенних змін геологічного середовища, обґрунтування заходів щодо попередження та зниження цих змін та охорони геологічного середовища [32, 35, 39]. Досліджуючи можливі причини та шляхи зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів, особливо необхідно виділити тектонічну будову та зони розломів [135]. Досі не має загальноприйнятої методики врахування тектонічного фактора при геоекологічному картуванні зміни фізичних властивостей водоносних горизонтів на основі геолого-геофізичної інформації. Відповідно до окремих показників карти інтегруються у геоекологічну карту, яка за характером інформації повинна бути синтетичною, оскільки вона є результатом узагальнення геофізичних і геологічних даних, відносно інтенсивності аномалій, викликаних різними джерелами (природними та техногенними), а також інформації про тектонічну будову [3]. (рис. 1.7).

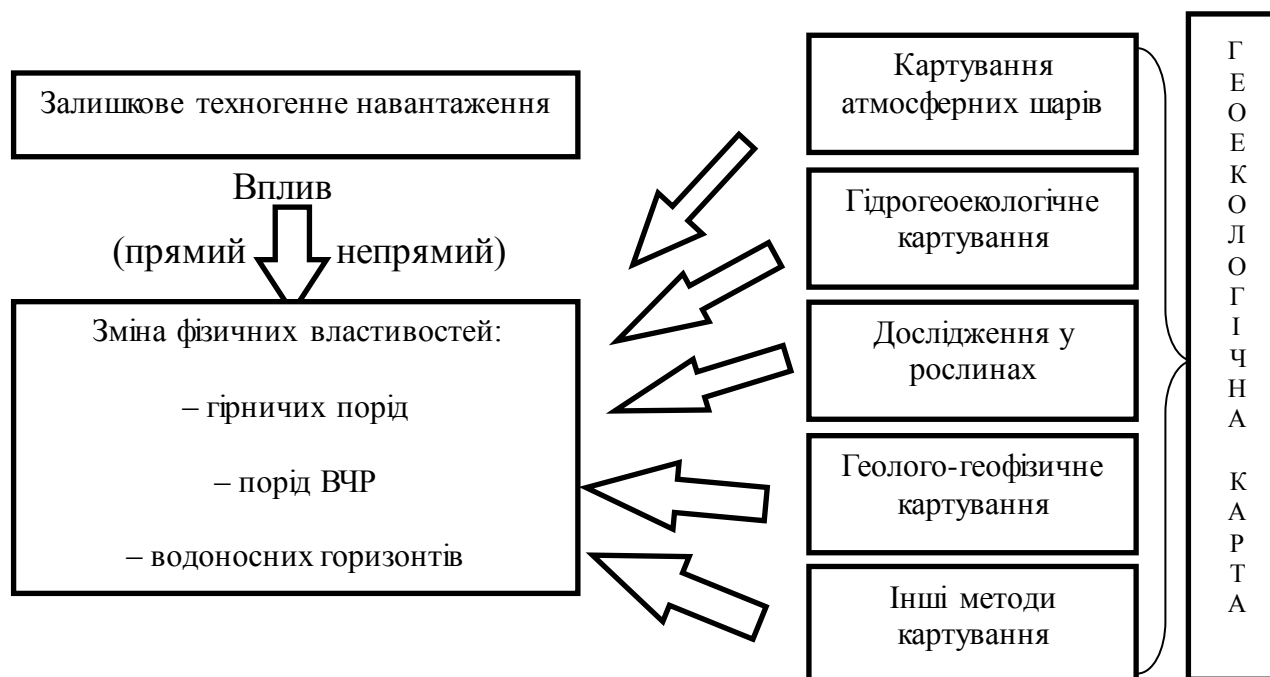


Рисунок 1.7 – Загальна схема комплексування геолого-геофізичних досліджень при картуванні геологічного середовища

Геоєкологічне картування – обов’язкова складова моніторингу, проведення якого необхідне з метою прогнозу просторово-часових змін фізичних властивостей середовища для прийняття управлінських рішень відносно будови сховищ.

У результаті щорічного утворення різноманітних відходів (рідких, твердих, газоподібних) забруднення завжди потрапляє прямо чи опосередковано до водоносних горизонтів і поширюється у геологічному середовищі. Комплексний аналіз карт, побудованих після оцінки окремих показників геоєкологічного стану середовища, дозволяє визначити території першочергового впровадження заходів щодо зменшення змін геологічного середовища навколо промислових об’єктів. Картування зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів з використанням теоретичних досліджень, урахуванням штучних умов, через недостатність вихідної інформації та неповноти розрахунків впливає на достовірність результатів. Залишається ряд важливих проблем: невизначеність єдиної мережі спостережень за пріоритетними напрямками для раціонального розподілу фінансових та технічних ресурсів, неузгодженість інформаційних технологій і програм обробки отриманої геолого-геофізичної інформації, що використовується в моніторингу геологічного середовища.

Складові геолого-геофізичного моніторингу техногенно-навантажених територій: частина геологічного середовища навколо об'єктів зберігання, утилізації відходів; зміна геологічного середовища і його фізичних властивостей під дією техногенних та природних факторів; небезпечні геологічні та техногенні процеси, що виникають на територіях розташування екологічно-небезпечних об'єктів.

Моніторингові дослідження здійснюються за різними видами спостережень, серед яких виділяють такі: аерокосмічний, гідрологічний, гідрофізичний, гідродинамічний, гідрогеологічний, гідрохімічний, геофізичний, інженерно-геологічний, літологічний, метеорологічний, санітарний, радіаційний, сейсмологічний, хімічний та інші їх різновиди. Сучасні актуальні задачі полягають у отриманні спеціальної геолого-геофізичної інформації, що пов'язана з надзвичайною екологічною ситуацією техногенно-навантажених територій, транскордонним моніторингом, потенційними змінами геологічного середовища під активною дією природних і техногенних факторів.

1.2.3 Особливості геолого-геофізичних досліджень для вирішення приповерхневих і глибинних геоекологічних завдань

Тектонічний фактор є одним з найважливіших для визначення потенційних шляхів зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів. Значну роль у визначенні напрямку, розмірів ділянки підвищеної мінералізації відіграє тектонічна будова регіону, яка впливає на шляхи як підземної, так і поверхневої міграції, підвищуючи проникливість порід геологічного розрізу та змінюючи рельєф [2, 4, 53, 63, 131, 133, 134, 140]. До числа активних розломів належать добре проявлені й успадковані в осадовому чохлах та фундаменти локальні зони підвищеної проникності, роздробленості, порушення залягання, неоднорідності будови й анізотропії фізичних властивостей. Окрім цього, вони негативно впливають на стійкість інженерних споруд, у т. ч. гребель. У науковій літературі зустрічаються різні формулювання

«зон» розломів та ділянок ВЧР, що їх перекривають: активні геодинамічні зони, розломні зони підвищеної проникності та ін. Сучасним активним розломом за багаторічними дослідженнями [129] вважатимемо таку зону, в межах якої відбуваються сучасні короткоперіодичні (перші місяці та роки), пульсаційні або знакозмінні деформації земної поверхні зі швидкостями не менше сотень долей мм на рік [Кузьмін, 1999]. Однак, незалежно від теоретичних та ідейних уподобань по даним геофізичних та дистанційних зйомок, активні геодинамічні зони фіксуються лінеаментами та їх перетинами, проявляються в аномаліях магнітного та гравітаційного полів, у радіоактивності, характеристиках проходження пружних хвиль, електропровідності та ін.

Геодинамічна будова та процеси завжди враховуються у геологорозвідувальному та інженерному дослідженнях [133, 137, 138]. Інструментальна оцінка сучасних геодинамічних процесів виконувалася в Європі, Японії, США, на Кубі, в Росії, Україні. Систематизація й оцінка точності перших досліджень на території Придніпровського регіону почалися в 1947 – 1949 рр. з метою виявлення вертикальних сучасних тектонічних рухів. Наприкінці 1960-х років використовували морфометричні виміри, були виділені райони з помітними рухами земної кори (3 – 10 мм / р), у т. ч. у Кривому Розі Дніпропетровським гірничим інститутом з 1965 по 1971 рік. У 1960-ті роки розпочалися фундаментальні дослідження масо- і теплоперенесення у земній корі, що становили безпосередній інтерес для прогнозування зон підвищеної проникності, результати описані в роботах І.І. Чебаненка [143, 144]. Набуло розвитку також використання радону як індикатора цих зон. Для виявлення активних геодинамічних зон разом з геологічними, геофізичними, геодезичними методами у 1970-ті роки почали використовувати еманаційне профілювання. Вперше таку зйомку було застосовано для вивчення геодинамічних рухів у Донбасі [54]. Існує досвід проведення гравіметричного моніторингу досліджень просторово-часової динаміки гравітаційного поля Землі в реальному часі. Особливий інтерес становить виявлення слабо проявлених в геолого-геофізичних полях

малоамплітудних тектонічних розломів, пов'язаних з активними рухами земної кори. Такі розломи, як правило, є довгоіснуючими і простежуються від земної поверхні до значних глибин. При вивченні тектонічних порушень, виділенні тріщинуватих і ослаблених зон використовують аерокосмічні фото- та інфрачервоні зйомки, а також комплекси не менше ніж двох-трьох таких методів: електропрофілювання, заломлених хвиль, мікромагнітної та еманційної зйомки та ін. Існує проблема обробки та інтерпретації гравімагнітного полів при вивченні структурно-тектонічної будови регіонів, що пов'язана з пошуком нових підходів до геокартування, прогнозування напрямків зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів [92]. Отримання повної інформації при вивченні структурно-тектонічної будови територій визначається використанням сучасних досягнень в області автоматизованої обробки і комплексної інтерпретації геофізичних даних [91]. При обробці інформації матеріали дешифрування зіставляються з геофізичними картами (гравітаційного та магнітного полів, профілями глибинного сейсмічного зондування), тектонічними картами будови кристалічного фундаменту та ін. Місця перетину розломів можуть бути активними каналами вертикальної міграції флюїдів, шляхами транспортування шкідливих речовин, що призводить до забруднення компонентів геологічного середовища [42]. Така оцінка активності розломів та тектонічної будови проводиться локально для безпечної експлуатації складних інженерних споруд, дамб, об'єктів ядерно-паливного циклу [37, 38, 136]. Але це обґрунтовано тільки на режимних об'єктах та дозволяє отримати інформацію лише відносно деяких точок. А тектонічна будова кристалічного фундаменту і її взаємовідношення із структурою осадових товщ контролюють зміну геологічного середовища в районах розвитку техногенної діяльності на значно більшій території, що необхідно враховувати при будівництві нових промислових об'єктів. Спроби районування території за тектонічною будовою та організації оптимальної системи моніторингу для стеження за зміною геологічного середовища наведені у працях І.І. Багрія, О.К. Тяпкіна та ін. [4, 137]

Для прогнозування змін геологічного середовища навколо сховищ відходів необхідна інформація більш великого (ніж в геологорозвідувальному процесі) масштабу. Ці карти можливо отримати після обробки (лінеаментного аналізу, експертних оцінок тощо) карт геофізичних полів. Проаналізувавши схеми вивченості на прикладі території Середнього Придніпров'я, видно, що на багатьох ділянках проведені великомасштабні дослідження з електро-, граві- та магніторозвідки. На обробку таких карт витрачається багато часу, і вона часто має суб'єктивний характер. Для цілей оперативного прогнозування змін геологічного середовища і прийняття управлінських рішень стосовно їх зменшення необхідні методики більш автоматизованої та об'єктивної обробки різномасштабних карт геофізичних полів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

Геолого-геофізичні дослідження у системі екологічного моніторингу необхідні як для регіонального картування тектонічної будови, так і для деталізаційних досліджень – уточнення напрямків і попередження змін геологічного середовища навколо сховищ відходів.

1.3 Завдання досліджень

Підводячи підсумки проведеного аналізу основних геоекологічних проблем, що супроводжують розвиток промисловості, дослідження рівня застосування фізико-геологічного моделювання частини геологічного середовища, що знаходиться під дією промислових об'єктів та картування завдань геолого-геофізичними методами, а також урахувуючи дослідження сучасних підходів та використання геофізичних даних у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій в Україні, визначено наступне.

Зміни фізичних властивостей геологічного середовища, що відбуваються на всіх етапах функціонування сховищ відходів, проявляються у екогеофізичних аномаліях і можуть бути оперативно виявлені геофізичними

методами, у т. ч. на недоступних для прямих геологічних та екологічних досліджень ділянках, що створює необхідність вирішення наступного завдання:

– Розроблення системи фізико-геологічних моделей геологічного середовища, яке змінюється під дією техногенних об'єктів (наприкладі сховищ промислових відходів), як основи ефективного використання комплексу геофізичних методів у системі комплексного екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

Важливим природним фактором, що визначає напрямки зміни геологічного середовища під дією техногенних процесів, є тектонічна будова території. Вона контролює появу «літологічних вікон», відносно активнішу інфільтрацію забруднюючих речовин у геологічному розрізі та між водоносними горизонтами, стійкість інженерних споруд та ін. Для дослідження тектонічної будови часто використовують геолого-геофізичну інформацію. Однак не має методики прогнозування напрямків і зон зміни геологічного середовища на основі врахуванням комплексної різномасштабної інформації щодо тектонічної будови. Постає необхідність вирішення наступного завдання:

– Визначення математичного апарата, алгоритмів та програм для обробки різномасштабної картографічної і геофізичної та тектонічної інформації для прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів, а також обґрунтування ділянок (пунктів, станцій, полігонів) проведення детальних геолого-геофізичних робіт у системі екологічного моніторингу.

Існує необхідність удосконалення системи екологічного моніторингу, а саме: оперативно, в достатньому об'ємі, на значних територіях проводити дослідження для прийняття управлінських рішень щодо зниження подальших негативних змін геологічного середовища навколо існуючих сховищ відходів. Основою цього є активне використання геофізичних методів. Це потребує:

– Обґрунтування раціональних комплексів геолого-геофізичних методів для оцінки геоекологічного стану техногенно-навантажених територій у системі екологічного моніторингу (наприкладі районів великих сховищ відходів Промислового Придніпров'я).

ВИСНОВКИ ДО 1-ГО РОЗДІЛУ

Підводячи підсумки вищевикладеного, можна виділити наступні положення:

1. Аналіз літературних джерел підтверджує те, що ресурсний потенціал України обумовив швидкий розвиток промислового сектора в Україні, у результаті чого сформувалися нові підприємства, збільшився об'єм геологорозвідувальних робіт, розробки родовищ корисних копалин, а також збільшилося накопичення промислових відходів у сховищах тимчасового зберігання. Під дією природних і техногенних факторів (геологічні особливості верхньої частини розрізу, екзогенні процеси, гідрогеологічні та кліматичні умови, розломно-блокова будова, стан відходів, інженерних споруд та ін.) змінюються фізичні властивості геологічного середовища навколо сховищ відходів. Ці зміни проявляються в аномаліях фізичних полів і можуть бути оперативно зафіксовані за допомогою геофізичних методів.

2. На державному рівні в Україні в останні роки розвивається система екологічного моніторингу геологічного середовища техногенно-навантажених територій. Однак сучасний розвиток системи моніторингу не дозволяє в достатньому обсязі (зокрема в межах санітарно-захисних зон) оперативно отримати інформацію для прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів на всіх етапах їх функціонування для прийняття управлінських рішень щодо нормалізації геоекологічного стану території.

3. Багаторічний досвід використання геолого-геофізичних методів при вирішенні окремих інженерно-екологічних завдань є надійним підґрунтям для залучення цих методів до системи комплексного екологічного моніторингу. Потребує систематизації та вдосконалення процес геолого-геофізичного дослідження, що складається з фізико-геологічного моделювання особливостей геологічного середовища навколо промислових об'єктів, геоекологічного картування з урахуванням тектонічної будови території та детальних комплексних геолого-геофізичних робіт.

4. У роботі проаналізовані дослідження попередників, які вивчали значний вплив тектонічної будови на геологічні й техногенні процеси, промислові об'єкти у верхній частині геологічного середовища. Запропоновано використання інформації стосовно особливостей прояву тектонічної будови у геофізичних полях, геологічних, геоморфологічних та інших ознаках для прогнозування та визначення зон потенційних змін геологічного середовища навколо промислових об'єктів та районування техногенно-навантажених територій для проведення комплексного екологічного моніторингу середовища геолого-геофізичними методами.

5. Розвиток комплексування геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу із використанням гідрогеологічної та тектонічної інформації дозволить збільшити оперативність досліджень для прийняття управлінських рішень щодо оцінки і нормалізації геоекологічного стану техногенно-навантажених територій, попередження та зниження змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів (на всіх етапах їх функціонування).

Результати аналізу літературних джерел відображено у публікаціях [14, 16, 19, 21, 23, 26].

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО СХОВИЩ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

2.1 Особливості моделювання у геолого-геофізичних дослідженнях геоекологічного стану територій

На даний час відомо багато методів геоекологічних досліджень геологічного середовища, які використовуються для вирішення завдань екологічного моніторингу: геоекологічні або геохімічні (відбір зразків рослинності, порід верхньої частини розрізу з глибини 0 – 40 см, радіо геофізичні дослідження); гідрогеоекологічні (відбір зразків з водоносних горизонтів у свердловинах); геофізичні (велико- і середньомасштабні) для вивчення тектонічної будови району і пошуку рудопроявів, окремі інженерні (геолого-геофізичні) для контролю за станом споруд і комунікацій, гірничо-бурові роботи та ін. [31, 42, 45, 113] Однак, як визначено у розділі 1, сучасні дослідження екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій в Україні (у т. ч. геофізичними методами) нерівномірні у просторі та часі, не дають можливості оперативно, системно і детально встановлювати на великій території особливості зміни фізичних властивостей водоносних горизонтів у просторі і на глибину геологічного розрізу й приймати управлінські рішення стосовно зменшення змін геологічного середовища навколо промислових об'єктів.

Необхідність комплексування геолого-геофізичних методів обумовлено тим, що у багатьох випадках вплив промислових об'єктів (зокрема сховищ відходів) слабкоконтрастний по прояву в геологічних ознаках і геофізичних полях, тому його виявлення, за даними однометодних геофізичних або інших досліджень, буває ускладнено. Особливо важко це зробити в умовах інтенсивних техногенних завад.

Базуючись на традиційних підходах до фізико-геологічного моделювання геологічного середовища, при вирішенні геоекологічних завдань (наведені в

публікаціях В.А. Богословського, В.К. Хмелєвського, Г.С.рВахромеєва та ін.) необхідне розширення апріорних фізико-геологічних моделей (ФГМ), що відображають джерела геофізичних аномалій (у т. ч. зони забруднення), на основі аналізу всієї доступної інформації стосовно природних та техногенних особливостей розташування, будови та експлуатації промислових об'єктів. При дослідженні змін геологічного середовища під дією сховищ відходів використаємо набір приватних та загальних моделей.

Фізико-геологічна модель об'єкта геофізичних досліджень у екологічному моніторингу складається з елементів моделі, що відображають особливості геологічного розрізу, сховищ відходів та забруднених (аномальних) ділянок з узагальненими розмірами, формою, фізичними властивостями.

Для вирішення завдань об'єктового екологічного моніторингу важлива побудова натурних моделей, які відображають досліджувані аномалії та їх джерела на основі інформації попередніх досліджень з детальністю, що забезпечує використання їх як еталонів. Однак різноманіття і ймовірнісний характер зв'язку фізичних особливостей об'єктів, що підлягають дослідженню у системі екологічного моніторингу, з приватними натурними моделями зумовлюють необхідність використання при вирішенні багатьох завдань фізико-геологічних моделей, які є більш загальними комплексними моделями геологічного середовища.

Для формування загальних моделей проведемо типізацію сховищ, а потім на основі загальної комплексної фізико-геологічної моделі сховищ даного типу, змінюючи фізичні або геометричні параметри її елементів, отримаємо приватні ФГМ, кожній з яких відповідає своє аномальне фізичне поле. Використаємо їх для обґрунтування особливостей застосування раціонального комплексу геофізичних методів у системі екологічного моніторингу, а також для інтерпретації геофізичних даних.

Для прогнозування просторових особливостей ділянки аномальних фізичних властивостей компонентів природнього середовища, крім типізації промислових об'єктів (джерел аномалій), необхідно визначення потенційних

шляхів і причин появи цих ділянок: вітрове перенесення, змив у зниження рел'єфу, проникнення у породи верхньої частини розрізу, фільтрація з боків і внизу сховищ; утворення техногенного горизонту при неправильному гідрологічному режимі сховища, підняття рівня льосового водоносного горизонту, подальше розповсюдження речовин у породи ВЧР та ін.

Моделювання геологічного середовища та зон його змін навколо сховищ відходів необхідне на всіх стадіях їх функціонування: проектування, будівництва, експлуатації та захоронення. На перших двох стадіях воно прогнозне для прийняття управлінських рішень стосовно будівництва нових сховищ. Для розробки комплексу геофізичних методів у системі екологічного моніторингу для діючих сховищ важливе проведення фізико-геологічного моделювання на стадіях експлуатації та захоронення, що потребує:

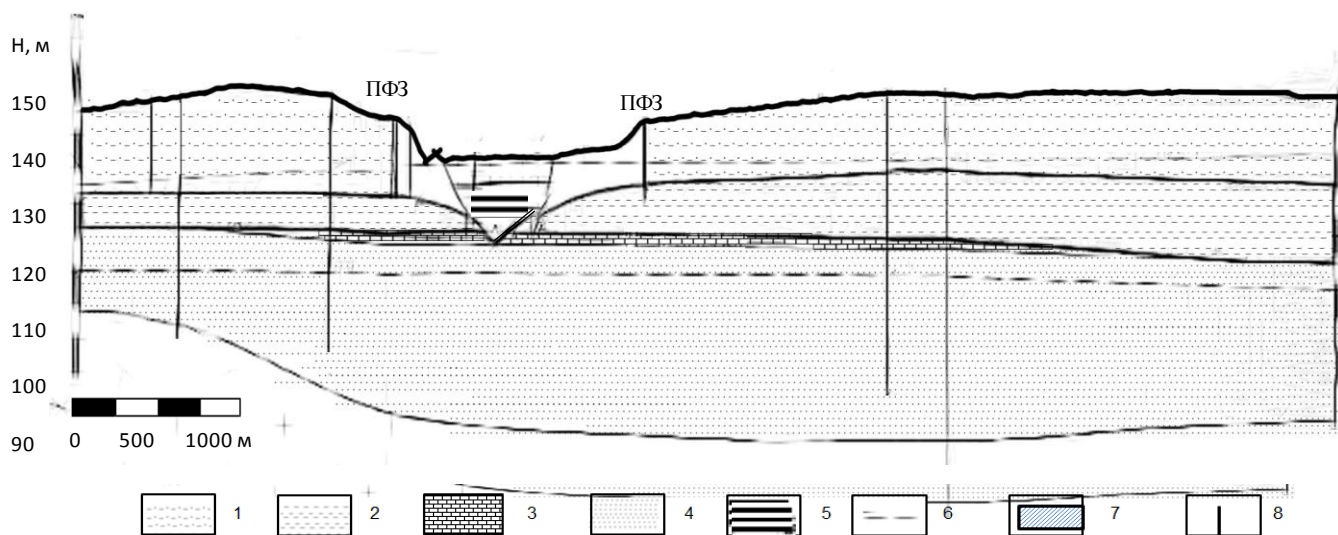
- 1) проаналізувати існуючі сховища відходів, виділити основні типи досліджуваних об'єктів (систематизація);
- 2) у геометричних моделях основних типів сховищ урахувати природні й техногенні фактори поширення забруднення у геологічному середовищі (виділити шляхи та зони);
- 3) побудувати фізико-геологічні моделі геологічного середовища та забруднених зон, обумовлених сховищами відходів, з урахуванням особливостей основних типів;
- 4) розрахувати аномальні ефекти «забрудненої» території, дослідити ефективність та особливості використання геофізичних методів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

2.2 Природна і техногенна характеристики джерел геофізичних аномалій (зокрема сховищ відходів)

2.2.1 Геологічна характеристика району досліджень

Аналіз літературних джерел зроблений у першому розділі, дозволив визначити першочергову територію проведення досліджень екологічного

моніторингу і прийняття управлінських рішень стосовно зниження змін геологічного середовища навколо промислових об'єктів. Це – територія Середнього Придніпров'я. Геологічний розріз у районі розташування сховища відходів зображений на рис. 2.1.



1 – суглинки Q_{II-III} ; 2 – глини Q_I ; 3 – вапняки N; 4 – пісок N; 5 – радіоактивні відходи; 6 – рівень водоносного горизонту; 7 – протифільтраційні завіси

Рисунок 2.1 – Геологічний розріз району розташування сховища відходів у Середньому Придніпров'ї (за дослідженнями ППЕ).

Верхня частина розрізу складена породами київської світи, що трансгресивно перекривають відклади Бучацької світи. Ці породи являють собою тонкий світлий блакитно-сірий мергель, а також вуглисті глини. Загальна потужність відкладів становить 30 – 43 м. Породи харківської світи поширені на північ від р. Дніпро, складені в основному морською фацією. Літологічно виражені одноманітною товщею кварцево-глауконітових і глауконіто-кварцевих пісків сірувато-зеленого і зеленувато-сірого кольорів. А також товщею глини і пористих пісковиків. Глини харківського ярусу сірувато-зелені, щільні, дуже в'язкі, слюдяні, сланцеваті, місцями тонкопісчані.

Неогенова система (N). Неогенова система являє собою товщу дрібнозернистих та пилюватих пісків. Міоцен складений відкладами

полтавської світи і середньосарматського під'ярусу. Полтавська світа (N_1p_1) це світлосірі дрібно-зернисті глинисті піски потужністю 27 – 54 м. Залягають вони на піщано-глинистих відкладах харківської світи палеогену.

Середньосарматський під'ярус (N_1s_2) розповсюджений локально. Складений строкато-кольоровими глинами з прошарками дрібнозернистих пісків. Потужність цих утворень не перевищує 6 – 8 м.

Пліоцен-нижньочетвертинні відклади. Товща червоно-бурих і бурих глин ($N_2 - Q_1$). На території ділянки досліджень поширені широко і відсутні лише в заплавах річок і днищах балок; потужність 3 – 30 м. Глини червоно-бурі, жовто-бурі, коричнево-червоні, щільні, в'язкі.

Четвертинна система в межах терас р. Дніпро складена середнім і верхнім відділами, до середнього відділу належить нижня частина алювіальних пісків, що залягають на відкладах харківської світи. До верхнього відділу віднесені алювіальні піски другої та першої надзаплавних терас р. Дніпро і суглинки другої надзапавної тераси.

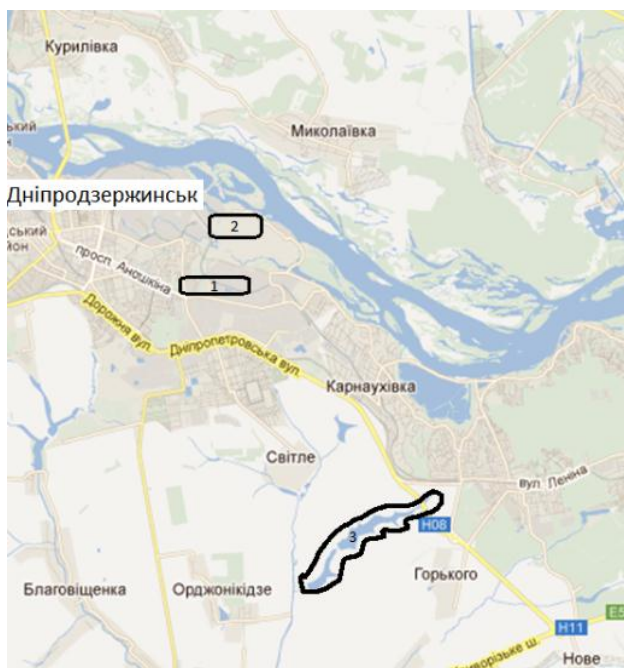
Відклади середнього відділу розвинуті не широко в межах другої тераси. В основному розмір зерен має диференціацію відповідно до глибини. Нижній шар потужністю 2 – 4 м флювіогляціального генезису являє собою сірі різнозернисті піски з гравієм і галькою. Вище залягають алювіальні тонко- і дрібнозернисті піски світло-сірі з жовтуватим або блакитнуватим відтінком. Верхню частину розрізу середньочетвертинних відкладів складають супіски і суглинки потужністю до 7 м. До верхнього відділу належать алювіальні піски в основному кварцеві, жовтувато-сірого кольору, місцями охристі. У вертикальному розрізі спостерігається деяка закономірність у сортуванні пісків за механічним складом: верхня частина товщі складена дрібно- і тонкозернистими пісками, пилюватими, в середній частині переважають більш грубозернисті різниці. Нижня частина, як і верхня – це дрібно- і тонкозернисті піски. Потужність алювіальних відкладень змінюється від 8 до 30 м. Верхню частину розрізу верхньочетвертинних відкладів складають лесоподібні

суглинки, що переходять у супісок. Загальна потужність четвертинних відкладів 5 – 39 м.

Гідрогеологічні умови району характеризуються наявністю двох безнапірних водоносних горизонтів: лесового і неогенового. Найбільша зміна геологічного середовища обумовлена діяльністю промислових об'єктів, створених у приповерхневій частині геологічного середовища.

2.2.2 Особливості зміни геологічного середовища під дією техногенних факторів

На території Дніпропетровської області у сховищах вже накопичено близько 11 млрд т відходів видобувної та переробної промисловості різного рівня небезпеки [118, 135]. Одними з найнебезпечніших є сховища відходів тимчасового складування, створені у ХХ столітті поблизу Дніпропетровсько-Дніпродзержинської агломерації. Вони належать до сховищ радіоактивних відходів (РАВ) недіючі та не законсервовані, отже, досі впливають на компоненти геологічного середовища [17, 135]. Ці сховища розташовані на території та поблизу м. Дніпродзержинська (рис. 2.2).



1 – на території заводу колишнє ВО «ПХЗ» («Західне», «Південно-Східне», «Центральний Яр»); 2 – сховище «Д» («Дніпровське»); 3 – сховище «С» («Сухачівське»)

Рисунок 2.2 – Схематичне розташування сховищ РАВ поблизу м. Дніпродзержинська

Серед них найбільшими є 1 та 2 секції сховища «С». Нижче у табл. 2.1 подана узагальнена інформація. Проведена класифікація сховищ на території Середнього Придніпров'я (у т. ч. у Кривбасі, Нікопольському марганцево-рудному басейні тощо). У результаті знайдено важливий фактор, що дозволяє при подальшій типізації визначати особливості зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів.

Таблиця 2.1 – Характеристика сховищ радіоактивних відходів [135]

Ділянки сховищ радіоактивних відходів	Експлуатація, рік		Стан	РАВ			
	Поча то	Кінець		Площа, м ²	Маса, т	Об'єм, м ³	Активність, Кі
Придніпровський хімічний завод							
а) територія заводу							
Хвост-ще цех № 5 "Західне"	1951	1954	Незакон сервоване	60 000	700 000	350 000	4 900
Загалом (на території заводу)	1950-ті	–	Не діючі	102 000	1 200 000	600 000	9 500
б) територія м. Дніпродзержинська							
Сховище "Д"	1954	1968	Незакон сервоване	730 000	12 000 000	5 840 000	17 000
в) на території Дніпропетровського р-ну (смт. Долинське, Сухачівка)							
Сховище «С»	1968	1993	Незакон сервоване	550 000	22 800000	12 200 000	18500
Загалом (на території Дніпропетровського району)	1960-ті	–	–	802 600	23 146 600	12 373 300	43 100
Усього по ПХЗ	–	–	–	1 634 600	36 346 600	18 813 300	69 600

У табл. 2.2 наведено геоморфологічні умови створення сховищ та основні шляхи потенційної зміни геологічного середовища навколо них.

Таблиця 2.2 – Особливості розміщення відходів у середовищі

Сховища РАВ	Сухачівське (1 та 2 секції)	База «С»	ДП № 6	Південно-Східне	Західне	Дніпровське
Геоморфологічні умови створення сховища	Ярово-балкова мережа	Цокольнопіднесе на рівнина	Цокольнопіднесе на рівнина	Відпрацьований глиняний кар'єр	Відпрацьований глиняний кар'єр	Заплава р. Дніпро
Загальна активність, Бк	$7,1 \times 10^{14}$	$4,4 \times 10^{14}$	$1,3 \times 10^{12}$	$6,7 \times 10^{12}$	$1,8 \times 10^{14}$	$1,4 \times 10^{15}$
Потужність експозиційної дози	0,14 – 0,19 мкЗв/год	4 – 4,31 мкЗв/год	100 – 1100 мкР/год	100 – 6000 мкР/год	22 – 415 мкР/год	220 – 10000 мкР/год
Потенційні шляхи зміни геологічного середовища	Через днище балки (до 1,15 км вниз за течією)	Через днище сховища	Через днище сховища до водоносного горизонту	Через днище (на відстань 0,6 км у р. Коноплянку)	Через днище у водоносний горизонт	Через днище та греблю, у т. ч. у техногенний горизонт
Можлива глибина зміни	0,3 – 1,2 м (в місцях розливу пульпи)	До 2 м	0,5 – 5 м	1 – 11 м	До 5 м	1 – 6 м

З метою обґрунтування особливостей застосування комплексів геофізичних методів і узагальнення інформації в системі екологічного моніторингу визначимо 4 типи сховищ промислових відходів: ярово-балкові, схилові, поверхневі та приповерхневі [5].

2.2.3 Геометризація аномальних у геофізичних полях ділянок геологічного середовища на етапі заповнення сховищ

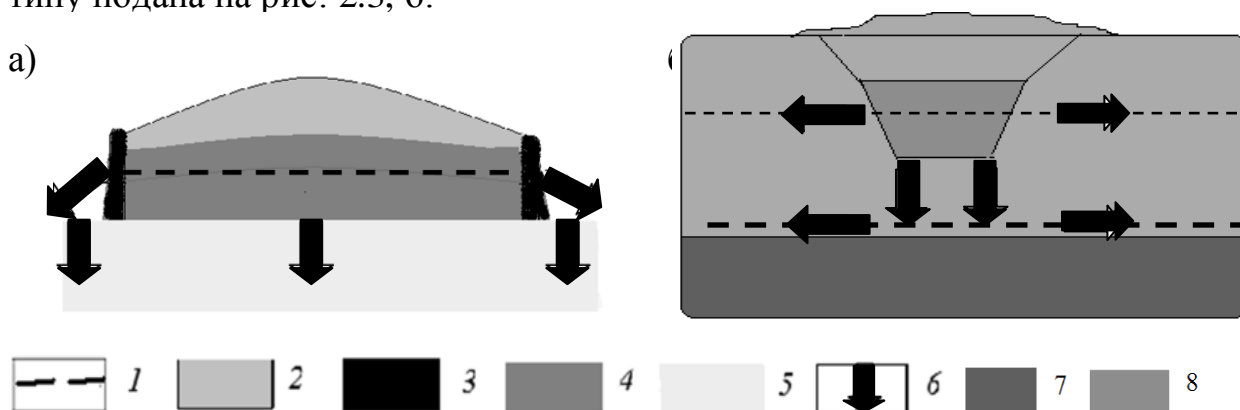
Геофізичні дослідження змін геологічного середовища базуються на екогеофізичних аномаліях, що утворюються під дією природних і техногенних процесів. На основі результатів досліджень останніх 15 років Інституту проблем природокористування та екології НАН України (ІППЕ) і ДП «Бар'єр» проведений аналіз великої кількості фактичного матеріалу (зокрема, радіоактивних аномалій та натурних моделей) в районі розташування сховищ відходів. Визначено наведені нижче особливості.

1. Поверхневі сховища промислових відходів розташовані на субгоризонтальній території. З боків вони захищені насипами із щільних матеріалів (наприклад, суглинків та шлаку). Заповнення проводиться намівним або насипним способом, організовано стік для атмосферних опадів. Найбільші зміни фізичних властивостей геологічного середовища у сховищ цього типу викликані коливаннями (у т. ч. сезонними) глибини залягання лесового водоносного горизонту та можливим замочуванням тіла відходів. Інший шлях – запилювання з поверхні сховища, проте тільки в разі відсутності щільних покривних неактивних порід залежно від швидкості й повторюваності вітру в певному напрямку. Вертикальна інфільтрація розчинів підвищеної мінералізації в неогеновий водоносний горизонт переважно прогнозується в зонах перетинання активних розломів. Схема сховища поверхневого типу з основними напрямками потенційної зміни геологічного середовища наведена на рис. 2.3, а.

2. Приповерхневі сховища розташовуються на невеликій глибині. Відмінність від попереднього типу полягає в тому, що сховище розташоване на глибині, дно в більшій частині підготовлене, відходи тверді й не обмежені дамбами. При підвищенні рівня лесового (першого від поверхні) водоносного горизонту розчини підвищеної мінералізації можуть потрапляти через нього у породи верхньої частини розрізу. Подальше дослідження у моніторинговому

режимі має уточнювати глибину зміни геологічного середовища, фізичні властивості порід (питомий електричний опір, швидкість проходження поздовжніх хвиль) і аномальних ділянок, коливання глибини водоносного горизонту, ступінь його мінералізації. Схема для даного типу подана на рис. 2.3, б.

а)

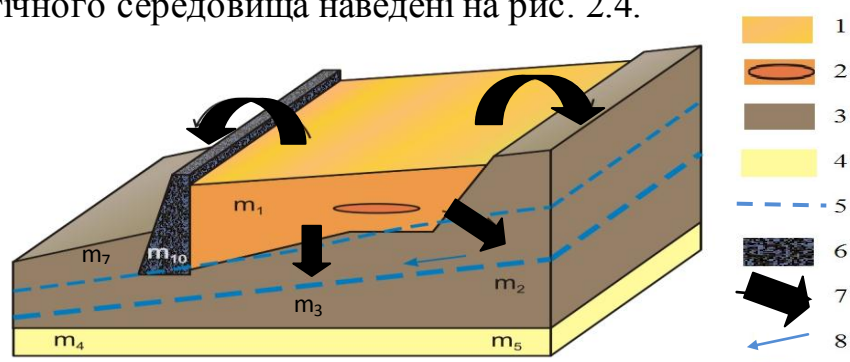


1 – техногенний водоносний горизонт; 2 – фосфогіпс; 3 – гребля; 4 – радіоактивні відходи; 5 – алювіальний пісок Q_4 ; 6 – потенційні напрямки розповсюдження забруднення; 7 – глини; 8 – лесоподібні суглинки Q_{2-3}

Рисунок 2.3 – Схема сховищ відходів: а – поверхневого; б – приповерхневого типів; основні напрямки зміни геологічного середовища

3. Схилі сховища промислових відходів розташовуються на схилах, часто у відпрацьованих кар'єрах. При плануванні таких сховищ ураховують нахил вмщувальних порід, напрямок і рівень водоносних горизонтів, кут нахилу днища сховища, підстиляючі геологічні фації. Сховища заповнюються насипним і намивним способами і знизу по схилу огорожуються насипами з підпірними стінками. Зараз частково поверхня покрита асфальтом, техногенним ґрунтом, щебенем і шлаком. Для сховищ схилового типу характерні описані далі потенційні напрямки зміни геологічного середовища. При недостатній підготовленості ложа або відсутності глинистих фацій у ньому важливо врахувати метеорологічний фактор, а саме: кількість опадів на даній території. Адже інфільтрація дощової води через насипні ґрунти в тіло сховища може призвести до вологонасичення тіла відходів. У результаті будуть зсуви в тілі греблі, а також інфільтрація забруднення у вмщувальні породи і водоносний

горизонт. Через водоносні горизонти розчини підвищеної мінералізації можуть поширюватись у верхню частину розрізу, змінюючи властивості гірських порід аж до зони розвантаження водоносного горизонту. Основні напрямки зміни геологічного середовища наведені на рис. 2.4.



1 – радіоактивні відходи; 2 – ділянки з підвищеними значеннями потужності експозиційної дози γ -випромінювання; 3 – суглинки Q_{2-3} ; 4 – піски N_1 ; 5 – рівень водоносного горизонту (верхня лінія – прогнозний потенційно небезпечний, нижня – сучасний); 6 – гребля; 7 – напрямок зміни геологічного середовища; 8 – напрямок руху забруднення по водоносному горизонту; 9 – зона зміни геологічного середовища

Рисунок 2.4 – Схема сховища відходів схилового типу та потенційні напрямки зміни геологічного середовища

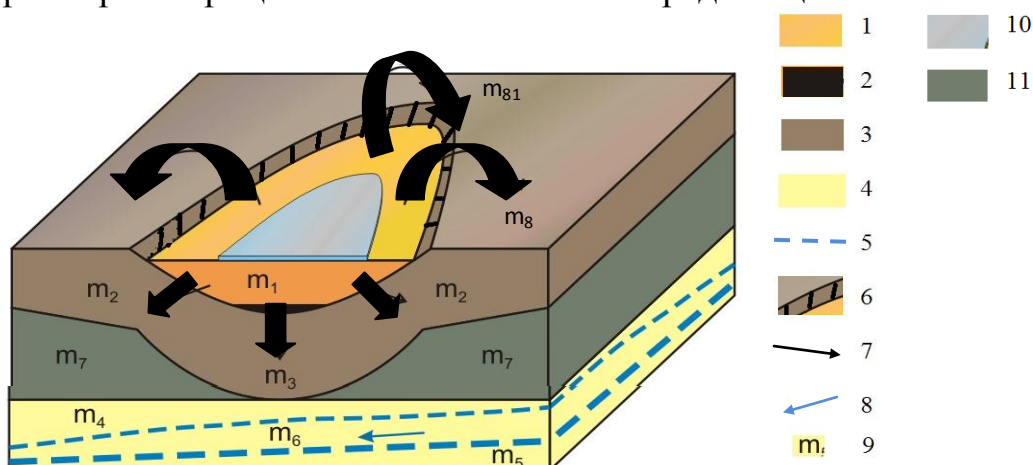
З рисунка видно, що зміна геологічного середовища навколо сховища відбувається у декількох напрямках і призводить до аномальної зміни властивостей вміщувальних порід. Запилювання з поверхні сховища в різні боки може виклимати зміну фізичних властивостей гірських порід в зонах m_6 . Причому інтенсивність випромінювання і розмір забрудненої території буде неоднаковий в різні сторони від сховища. Вгору по схилу зона аномальних фізичних властивостей буде меншого розміру, оскільки схил є екраном, значно перевищуючим поверхню відходів. Під час опадів, радіонукліди будуть проникати в породи геологічного розрізу на невелику відстань і змиватися частково по поверхні вниз по схилу, створюючи аномалії в зонах m_7 . Вода, протікаючи через радіоактивні відходи, складені супісками і суглинками, може проникати у вміщувальні породи, оскільки дно і борта сховища заздалегідь не

всюди заекрановані. Це створює зону m_2 і m_3 найбільш інтенсивної зміни фізичних властивостей гірських порід. До того ж під дією сили тяжіння розчини із підвищеною мінералізацією m_1 просочиться під тіло сховища і заповнить водоносний горизонт, створивши зону m_4 сумарного забруднення з декількох напрямків. Проникаючи у водоносні горизонти, розчини підвищеної мінералізації фільтруються вниз за течією до розвантаження.

4. Ярово-балкові сховища розташовуються в природно сформованій мережі балок та ярів. Для створення сховища такого типу балка перегороджується насипною греблею із щільного матеріалу. Підготовка ложа здійснюється частково. Заповнення відбувається насипним і намивним способами. Для зменшення інфільтрації дощовий потік направляється відвідними каналами. Враховуючи особливості впливу тектонічної будови на породи ВЧР, особливістю для даного типу є створені «літологічні вікна». За даними останніх геофізичних та гідрогеологічних досліджень (сх. «Сухачівське»), за територією сховища є аномалії на поверхні землі та поверхневих водотоках. Серед причин виділимо рідкий стан відходів, опади та зміна рівня водоносного горизонту. У цьому відіграє роль лесовий горизонт, який підтоплює сховище і виносить розчини підвищеної мінералізації у ВЧР (рис. 2.5).

На моделі можливо виділити декілька зон (m_i), що є джерелами геофізичних аномалій, показують зміну геологічного середовища і можуть бути зафіксовані геофізичними методами. Рознесений пил із сухої поверхні сховища може проникати в гірські породи, створюючи таким чином забруднення невеликої інтенсивності (зона m_8). Потрібно врахувати також, що по периметру сховищ створені обвідні канали для стоку опадів. Отже, якщо запилювання відбувається в межах сховища й обмежується бортами балки, частина об'єму пилу може змиватися опадами по каналах балки вниз і створювати аномалію на південному заході карти (m_{81}). При дослідженні геологічного розрізу встановлено, що часто під днищем сховищ такого типу є «літологічне вікно». У цьому місці під дією сили тяжіння з 1 і 2 зони утворюється зона m_3 , і через

супіски та суглинки радіонукліди потрапляють у неогенові піски m_6 , далі поширюються по водоносному горизонті вниз за течією. Це призводить до формування зони m_4 , а також потрапляння забруднення в р. Дніпро. Для дослідження появи «літологічного вікна» необхідно врахувати тектонічну будову регіону. Даний фактор призводить до розпушення порід у днищі балки, що може прискорити процес зміни геологічного середовища.



1 – радіоактивні відходи; 2 – грунтово-бігумний екран; 3 – суглинки Q_{2-3} ; 4 – пісок N_1 ; 5 – рівень водоносного горизонту; 6 – обвідні канали; 7 – напрямки зміни геологічного середовища; 8 – напрямки зміни фізичних властивостей водоносного горизонту; 9 – зони поширення забруднення; 10 – вода на поверхні сховища; 11 – глини N_{1-2}

Рисунок 2.5 – Схематична будова ВЧР з сховищем ярово-балкового типу та потенційні напрямки розповсюдження радіоактивного забруднення

Запропоновані типи сховищ використаємо в фізико-геологічному моделюванні при обґрунтуванні комплексу геофізичних методів для дослідження ореолів зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів у системі екологічного моніторингу.

Що стосується фільтрації розчинів підвищеної мінералізації вздовж водоносних горизонтів, то це питання найбільш проблемне, адже при збільшенні промислової діяльності глибина залягання водоносного горизонту з кожним роком зменшується, все більше потрапляючи під наслідки техногенної діяльності. За отриманими геолого-геофізичними, радіометричними,

гідрогеологічними даними попередніх досліджень геометричні розміри зони зміни властивостей водоносних горизонтів від джерела є найбільшими серед інших компонентів геологічного середовища (для існуючих сховищ).

2.2.4 Геометризація аномальних у геофізичних полях ділянок геологічного середовища після перекриття сховищ та прийняття управлінських рішень

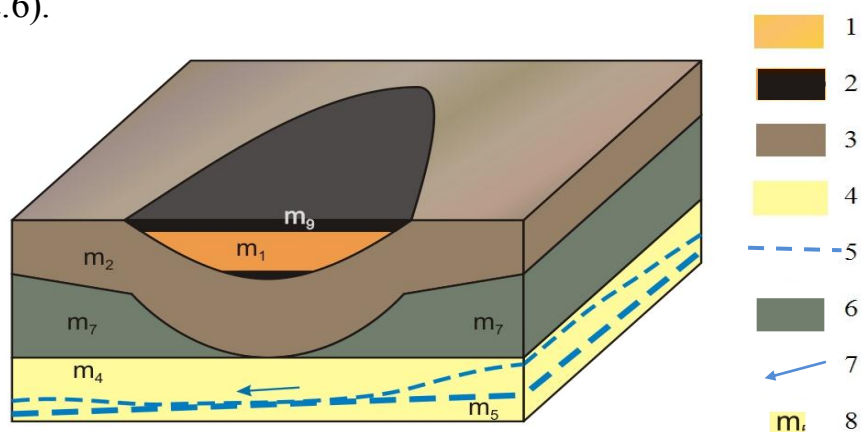
Моделювання геологічного середовища у геологорозвідувальному процесі дозволяє визначати раціональні комплекси геофізичних методів для вирішення відповідних завдань, а також для визначення і вирішення завдань екологічного моніторингу геофізичними методами і прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо зменшення та попередження змін геологічного середовища під дією сховищ відходів та інших об'єктів.

Проаналізуємо на моделях можливості та особливості використання геофізичних методів в екологічному моніторингу для дослідження зміни фізичних властивостей приземних шарів атмосфери, водоносних горизонтів, захисних споруд, ложа сховища, зміни властивостей вміщувальних порід, а також для супроводження таких процесів: вторинного видобутку корисних копалин, фізико-хімічної зміни властивостей відходів (знешкодження), перекриття (консервація) сховища, укріплення греблі сховища, встановлення інженерних споруд як бар'єрів, переміщення відходів до іншого місця переробки чи захоронення, рекультиваційних заходів, зниження та контролю рівня водоносних горизонтів, підтримки необхідних безпечних властивостей відходів (вологість, щільність), оцінка горизонтальної та вертикальної зональностей відходів.

При перекритті сховища асфальтово-бетонною сумішшю тіло відходів буде мати відмінні від вихідних фізичні властивості. Завдяки створенню бар'єра від атмосферних опадів і вітру зміниться значення вологості порід, швидкості проходження хвиль, щільності порід, зменшиться зв'язок вологих відходів з

водоносним горизонтом, зупиниться вітрове перенесення пилу з поверхні сховища. На моделі помітно виділяються декілька зон з різними значеннями цих параметрів. Перекриття асфальтом потребує при використанні геофізичних методів урахування властивостей перекриваючого шару m_9 . На прикладі дослідження мінералізації водоносних горизонтів, що є одним з показників забруднення, можливо описати зміни у геологічному середовищі під дією сховища відходів. У зонах m_2 , m_3 , m_4 , m_6 зменшиться значення мінералізації.

Використання геофізичних методів для прийняття управлінського рішення щодо перекриття сховища має базуватися на фізико-геологічній моделі з урахуванням параметрів і потужності вміщувальних порід, глибини, потужності та властивостей водоносного горизонту, властивостей і потужності порід тіла сховища, властивостей і геометричних розмірів перекриваючого шару m_9 (рис. 2.6).



1 – радіоактивні відходи; 2 – ґрунтово-бітумний екран; 3 – суглинки Q_{2-3} ; 4 – пісок N_1 ; 5 – рівень водоносного горизонту; 6 – глини N_{1-2} ; 7 – напрямок фільтрації водоносного горизонту; 8 – зони потенційної зміни геологічного середовища

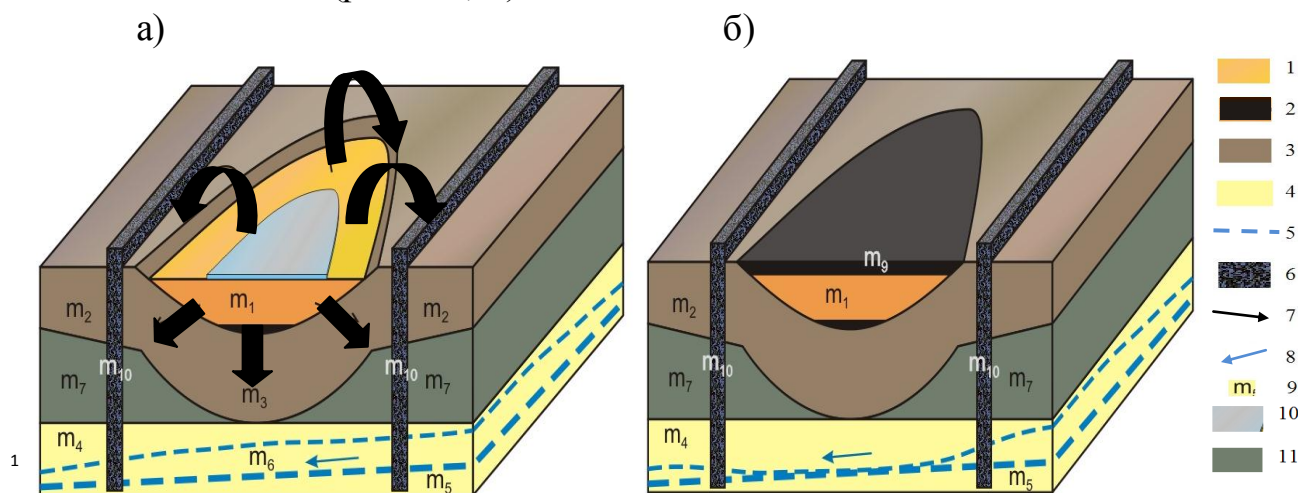
Рисунок 2.6 – Схематична будова сховища ярово-балкового типу на етапі захоронення

При окремому укріпленні греблі сховища, встановлені інженерних споруд як бар'єрів для очищення забруднених вод (поверхневих і підземних) на моделі чітко відображаються зони з різними властивостями мінералізації та забруднення вміщувальних порід і водоносного горизонту. Укріплення стінок у

сховищах схилового та ярово-балкового типів чи гребель при поверхневому типі потребує вирішення прямої геофізичної задачі і розрахунку прояву цих споруд у фізичних полях. На моделі в даному випадку виділяється 10 зон

Отже, при моделюванні необхідно враховувати властивості бар'єра, який може бути джерелом завад зони m_{10} при картуванні забруднення. Значення мінералізації у зоні m_{21} за бар'єром буде значно менше, ніж у зоні впливу сховища, параметри зон m_3 та m_6 залишаться незмінними, мінералізація в зоні m_4 значно зменшиться (рис. 2.7).

Захоронення сховищ такого типу з використанням усіх перерахованих вище дій призведуть до суттєвого зниження зміни геологічного середовища навколо сховища (рис. 2.7, б).

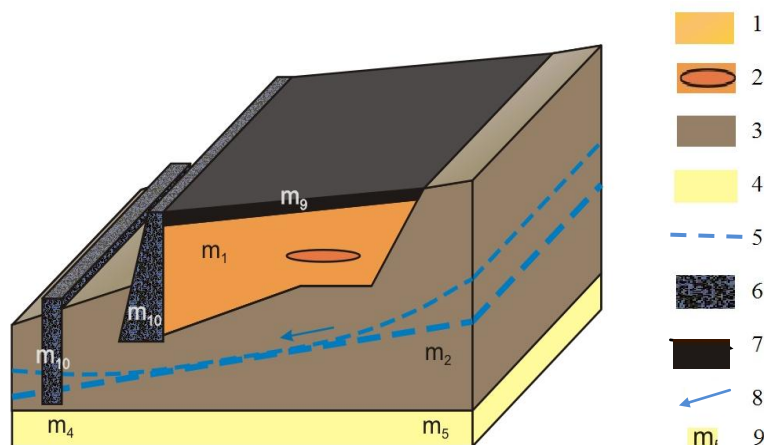


1 – радіоактивні відходи; 2 – ґрунтово-бігумний екран; 3 – суглинки Q_{2-3} ; 4 – пісок N_1 ; 5 – рівень водоносного горизонту; 6 – бар'єри; 7 – напрямок зміни геологічного середовища; 8 – напрямок зміни фізичних властивостей водоносного горизонту; 9 – зони поширення забруднення; 10 – вода на поверхні сховища; 11 – глини N_{1-2}

Рисунок 2.7 – Схематична будова сховищ РАВ ярово-балкового типу та потенційні напрямки зміни геологічного середовища на етапах: а – заповнення; б – після повного перекриття сховища

Аналогічно будуються моделі сховищ поверхневого, приповерхневого та схилового типів з урахуванням усіх особливостей будови сховищ (рис. 2.8).

Основними причинами зміни геологічного середовища навколо сховищ відходів на етапі функціонування є водоносні горизонти, «літологічні вікна», метеорологічні чинники та техногенні особливості (неправильна експлуатація і будівництва, техногенна діяльність на прилеглих територіях, перевищення прогнозованого часу експлуатації). Прийняття управлінських рішень для існуючих сховищ має бути оперативним на основі спеціальних достовірних досліджень.



1 – радіоактивні відходи; 2 – ділянки з підвищеними значеннями потужності експозиційної дози γ -випромінювання; 3 – суглинки Q_{2-3} ; 4 – пісок N_1 ; 5 – рівень водоносного горизонту; 6 – бар'єри; 7 – ґрунтово-бітумний екран; 8 – напрямок фільтрації водоносного горизонту; 9 – зони зміни геологічного середовища

Рисунок 2.8– Схематична будова сховища РАВ схилового типу після перекриття сховища

Таким чином, на територіях за межами цих об'єктів, що не потрапляють у зону постійного геоecологічного контролю, необхідно проводити спеціальні геолого-геофізичні дослідження у складі системи екологічного моніторингу. Саме спеціальні дослідження (такі як міжсвердловинне прозвучування, ВЕЗ, електротомографія) для уточнення фізико-геологічних моделей аномальних ділянок геологічного середовища необхідні для прийняття управлінських рішень відносно утилізації відходів.

2.3 Особливості визначення геофізичних методів для застосування в системі екологічного моніторингу територій, прилеглих до сховищ відходів

Для вирішення завдань екологічного моніторингу, у т. ч. дослідження частини геологічного середовища, що знаходиться під дією природних та техногенних факторів у районі сховищ відходів, необхідна систематизація використання одного або декількох геофізичних методів в оптимальному поєднанні з геологічними, геохімічними, дистанційними методами і гірничо-буровими роботами. Використання апріорних моделей дозволить покращити економічні чинниками, оскільки різні методи дослідження характеризуються різною продуктивністю, трудомісткістю, достовірністю результатів і відповідно «вартістю» однакового обсягу геоекологічної інформації. У ході моделювання на основі попередніх досліджень, зроблених в Інституті проблем природокористування та екології НАН України, результатів об'єктового моніторингу за останні 15 років та отриманої геолого-геофізичної інформації визначена зміна всіх фізичних властивостей геологічного середовища в районі сховищ радіоактивних відходів ПО «Придніпровський хімічний завод». Після проведених моніторингових досліджень і фізико-геологічного моделювання встановлюються такі зміни:

- нормального розподілу гравітаційного потенціалу – перерозподіл мас верхньої частини розрізу при створенні кар'єрів, підготовці сховищ до функціонування, заповненні сховища відходами, захороненні сховищ (перекритті ґрунтово-бітумним екраном тощо), однак детальні гравіметричні дослідження геологічного середовища навколо сховища, що відображатимуть його зміну при розповсюдженні, зокрема розчинів підвищеної мінералізації, які зазвичай заповнюють сховища і можуть вимиватися водоносними горизонтами, тривалі та великозатратні;

- магнітного поля – виникнення аномалій при проведенні геофізичних моніторингових досліджень, що обумовлені використанням металевих конструкцій під час прокладання пульпопроводів, розташуванням залізничного

полотна, ліній електропередач тощо, проте лише високоточна магнітна зйомка, що не часто використовується для моніторингових досліджень при вивченні зміни магнітних властивостей водоносних горизонтів під дією техногенних факторів, дозволяє уникнути завад;

– швидкості проходження пружних хвиль у геологічному середовищі навколо сховищ відходів – зміна літологічного складу гірської породи, вологості, структури й об'єму породи під дією техногенних факторів; при підвищенні мінералізації водоносних горизонтів, що зумовлені сховищами відходів, одні з найбільших змінюються швидкості проходження продольних хвиль; зниження стійкості частини геологічного середовища (схилів балки, кар'єру) відображається у хвильовій картині у вигляді аномалій швидкості проходження хвиль, що дозволяє оперативно в моніторинговому режимі досліджувати і прогнозувати в моделях зміни геологічного середовища під дією природних і техногенних процесів;

– електричних властивостей частини геологічного середовища навколо сховищ відходів – властивостей і складу відходів, що знаходяться у сховищі та можуть потрапляти у водоносні горизонти, до того ж найбільшим індикатором зміни складу водоносного горизонту (зокрема мінералізації) в електрометрії є методи опору, які дозволяють дистанційно й оперативно визначати геометричні розміри зони зміненого геологічного середовища, розраховувати значення мінералізації та прогнозувати зміни.

В геології серед інших використовуються методи радіометрії, що дозволяють проводити моніторингові дослідження зміни геологічного середовища в районах дії об'єктів ядерно-паливного циклу, у т. ч. сховищ радіоактивних відходів. Визначемо основні принципи, за якими проводиться комплексування різних методів дослідження як в геологорозвідувальному процесі, що викладено в роботах [67, 69, 96, 123, 128], так і при вирішенні завдань геолого-геофізичного моніторингу геологічного середовища: послідовних наближень, повноти, спеціалізації, аналогії, найбільшої ефективності.

Реалізація принципу послідовних наближень для завдань моніторингу полягає у наступному: а) поетапне (стадійне) проведення робіт з поступовим збільшенням детальності й уточнення попередніх результатів; б) вивчення особливостей геологічного середовища від загального (визначення вихідних умов розташування промислового об'єкта) до конкретного (функціонування об'єкта); в) дотримання найбільш раціональної послідовності застосування окремих методів, видів робіт (для конкретних природно-техногенних умов); г) поступове (у міру накопичення матеріалу) вдосконалення моделей досліджуваних об'єктів, а також (з урахуванням досвіду робіт) методики та комплексу методів, використовуваних при дослідженні районів, прилеглих до промислових об'єктів (у т. ч. сховищ відходів).

Принцип повноти полягає в необхідності охоплення геолого-геофізичними роботами всієї досліджуваної території, використанні комплексу методів, що підвищує достовірність геоecологічних висновків, комплексуванні геофізичних досліджень з геохімічними, гідрогеологічними й іншими методами та гірничо-буровими роботами, збільшенні інформативності геофізичних методів через створення методик спеціалізованої обробки геолого-геофізичної інформації.

Принцип спеціалізації застосовується до всіх робіт екологічного моніторингу відповідно до природно-техногенних умов району та досліджуваних джерел геофізичних аномалій.

Принцип аналогії досліджуваних об'єктів з відомими застосовується при постановці завдань у системі комплексного екологічного моніторингу, проведенні типізації досліджуваних об'єктів, фізико-геологічному моделюванні, виборі комплексу геофізичних методів, оптимальних розмірів мережі спостережень, точності вимірювань та інших елементів методики робіт.

Принцип найбільшої ефективності вимагає вирішення завдань екологічного моніторингу мінімальними засобами та витратами. Це потребує визначення раціонального комплексу геолого-геофізичних методів для конкретних об'єктів, завдань і природно-техногенних умов району робіт.

Послідовне використання зазначених принципів дозволяє оптимально вирішувати широке коло питань комплексування геофізичних та інших методів дослідження на основі системного підходу, що реалізується у вигляді сукупності логічно обґрунтованих етапів вирішення проблеми:

- постановка загального завдання;
- формування моделі об'єкта і процесу;
- формулювання конкретних геоекологічних завдань;
- вибір альтернативних комплексів геофізичних методів;
- дослідження ресурсів, що витрачаються на вирішення завдання;
- вибір критеріїв оцінки;
- порівняння альтернатив і остаточний вибір комплексу методів.

Постановка загального завдання в комплексному екологічному моніторингу включає формулювання суті проблеми, вихідних даних і визначення цілей, що полягає у визначенні та контролі змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів у моніторинговому режимі на окремих ділянках, що є потенційними зонами цих змін.

Формування моделі – це етап дослідження, що для екологічного моніторингу полягає в розробці узагальненого аналога реального об'єкта або процесу шляхом урахування їх найбільш важливих елементів, властивостей з використанням у необхідних умовах математичних методів та комп'ютерних засобів. При обґрунтуванні комплексу методів і методики проведення робіт (установка, масштаб, глибина досліджень) в екологічному моніторингу необхідне використання фізико-геологічних моделей досліджуваних об'єктів на основі проведеної типізації та геометризації сховищ відходів при вирішенні завдань комплексного екологічного моніторингу.

Завершальним етапом у процесі вибору комплексу геолого-геофізичних методів для вирішення завдань комплексного екологічного моніторингу територій, наближених до сховищ відходів, є дослідження матеріальних ресурсів та їх грошових виразів, витрат праці й часу, необхідних для досягнення поставленого завдання. Вибір критеріїв оцінки та економічної

ефективності геофізичних досліджень часто базується на методі експертних оцінок. Метою вибору й оптимізації комплексу методів є їх поєднання, яке дозволяє отримати інформацію, необхідну для вирішення поставлених геоекологічних завдань при мінімальних витратах праці, часу і коштів.

Типовим називається комплекс геофізичних методів, застосування яких на даному етапі моніторингу здійснюється відповідно до певних фізико-геологічних моделей, що дозволяє вирішити основні питання стосовно оцінки і прогнозу змін геологічного середовища навколо сховища окремого типу. Результатом є надлишкова кількість методів. Однак на відміну від геологорозвідувального процесу, де при створенні типового комплексу не враховують конкретної постановки завдань, реальних фізико-геологічних і ландшафтних умов і наявних ресурсів, в екологічному моніторингу при формуванні типового комплексу визначаємо конкретні завдання й окремі геолого-геофізичні методи. Вони використовуються як основа для розробки раціональних комплексів геолого-геофізичних методів.

Раціональний комплекс геофізичних методів – економічно обґрунтоване поєднання методів, що забезпечують надійне вирішення поставлених завдань екологічного моніторингу в конкретних природно-техногенних умовах досліджуваного району та з конкретними особливостями об'єкта, що відображені у фізико-геологічних моделях. Вибір раціонального комплексу геофізичних методів передбачає також визначення елементів методики робіт (мережі зйомок, точності вимірювань і т.п.) окремими методами і послідовності їх застосування з урахуванням місця й ролі геофізичних досліджень у загальному комплексі робіт системи екологічного моніторингу.

Залежно від кількості вирішуваних завдань і етапу екологічного моніторингу виділено багатоцільові й спеціалізовані раціональні комплекси методів. До багатоцільового комплексу геолого-геофізичних методів віднесено такі, що спрямовані на вирішення широкого кола геоекологічних завдань (наприклад, однієї стадії функціонування сховища), а саме: дослідження розломно-блокової будови і прогнозування потенційних шляхів зміни

геологічного середовища, визначення глибини, потужності, мінералізації водоносних горизонтів, дослідження екзогенних процесів на бортах балки.

Спеціалізовані комплекси обґрунтовуються для вирішення однієї чи двох близьких «сторін» об'єкта, наприклад, дослідження властивостей водоносного горизонту (мінералізації, глибини, потужності, швидкості та напрямку фільтрації та ін.) на різних етапах функціонування сховища для контролю за зміною фізичних властивостей і поширенням забруднення.

При виборі раціонального комплексу геолого-геофізичних методів в екологічному моніторингу оптимально поєднуються дослідження території за допомогою багатоцільових комплексів методів з вирішенням окремих завдань з використанням спеціалізованих комплексів методів.

При обґрунтуванні раціонального комплексу геолого-геофізичних методів у екологічному моніторингу на основі досвіду геологорозвідувального процесу, а також з метою зменшення витрат часу на процес обґрунтування, виділяються основні (зазвичай один, два) мобільні й високопродуктивні методи, що сприяють вирішенню найбільшого числа завдань. До допоміжних методів віднесемо методи, що дозволяють уточнити геофізичні дослідження та вирішити окремі питання. Допоміжні методи застосовуються на обмежених ділянках, серіях профілів і окремих профілях, контури і положення яких встановлюються як в процесі обробки матеріалів зйомок основними методами, так і при попередньому районуванні території.

Вибір раціонального комплексу геофізичних методів у екологічному моніторингу обґрунтовується за аналогією і досвідом (за раніше проведеними зйомками цієї території) та на основі натурного моделювання (за результатами комп'ютерного моделювання при методичних роботах).

Урахування наведених принципів та етапів комплексування геофізичних методів (у т. ч. на основі фізико-геологічного моделювання) дозволяє визначати просторові особливості зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів навколо сховищ промислових відходів.

ВИСНОВКИ ДО 2-ГО РОЗДІЛУ

Для визначення просторових особливостей зміни геологічного середовища геофізичними методами навколо сховищ промислових відходів необхідно володіти інформацією, що стосується природних та техногенних особливостей будови та функціонування таких сховищ.

Результати дослідження свідчать про те, що:

1. На основі всієї доступної інформації досліджено природні й техногенні фактори, що призводять до змін геологічного середовища і його фізичних властивостей навколо сховищ відходів. Для моделювання частини геологічного середовища й оцінки його змін під дією сховищ промислових відходів геофізичними методами у системі екологічного моніторингу запропонована і використана в подальшому дослідженні їх класифікація за основними типами (ярово-балкові, схиліві, поверхневі, приповерхневі).

2. Охарактеризовані та проілюстровані шляхи і зони потенційної зміни геологічного середовища навколо основних типів сховищ відходів на різних етапах їх функціонування. Обґрунтовані геолого-геофізичні методи досліджень, які необхідно використовувати при вивченні найбільш активно зміненої частини геологічного середовища – водоносних горизонтів – під дією сховищ промислових відходів.

3. Наведені рекомендації щодо комплексування геолого-геофізичних методів для ефективного вирішення завдань у системі екологічного моніторингу на основі додаткового використання даних відносно особливостей розташування, будови та функціонування сховищ промислових відходів при створенні фізико-геологічних моделей геологічного середовища.

Результати, наведені у розділі, відображено у публікаціях [7, 10, 19, 22]

РОЗДІЛ 3 ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ КАРТУВАННЯ ТЕХНОГЕННО- НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

3.1 Теоретичні основи використання геолого-геофізичної інформації та методів у геоекологічному картуванні техногенно-навантажених територій

Проведення геоекологічного картування при використанні геофізичної інформації для вирішення завдань екологічного моніторингу потребує врахування тектонічної будови території. Особливо при дослідженні території Промислового Придніпров'я, де шар порід ВЧР в середньому дорівнює 30 – 50 м. Осадкові породи знаходяться у тісному зв'язку з тектонічною будовою Українського щита (УЩ), який являє собою багат шарову складчасту споруду, подрібнену розломами різних рангів та напрямків у різні проміжки часу. Дослідження багатьох учених у галузі формування розломів земної кори детально описані й узагальнені в роботах К.Ф. Тяпкіна [127, 129, 130, 132]. Визначення терміну «розлом земної кори» або «розлом» (а також «зона розлому») автор використовує відповідно до визначення К.Ф. Тяпкіна: «розлом – це складна тектонічна структура, що розділяє земну кору на блоки і що характеризується складною будовою (розривами, специфічною лінійною внутрішньою і накладеною складчатістю та новоутвореннями) [104]. Розломи земної кори автори [128] розглядають як великі розривні порушення і виділяють серед них: глибинні скиди, підкиди і розсуви. При вирішенні завдань геоекологічного прогнозування особливу увагу необхідно приділити факту, що розломи характеризуються та класифікуються відповідно до розмірів за простяганням і за шириною, що сягає десятків кілометрів [129]. Найкрупніші з розломів (умовно першого порядку) знаходяться один від одного на відстані 140 ± 10 км. Між ними розташовані паралельні їм розломи інших порядків на відстанях $1/2$, $1/4$ і т.д. інтервалу між розломами першого порядку. Розподілення розломів за рангами використано надалі при збільшенні масштабу досліджень та районуванні території для проведення геолого-геофізичних

досліджень у системі екологічного моніторингу. Розломи поєднуються у системи, кожна з яких являє собою взаємоортогональні розломи. Просторове взаємовідношення між розломами різних рангів, що належать до однієї системи (згідно з В. Немеца и Р. Квета), та ієрархія створених розломами блоків наведені на рисунку 3.1 [129].

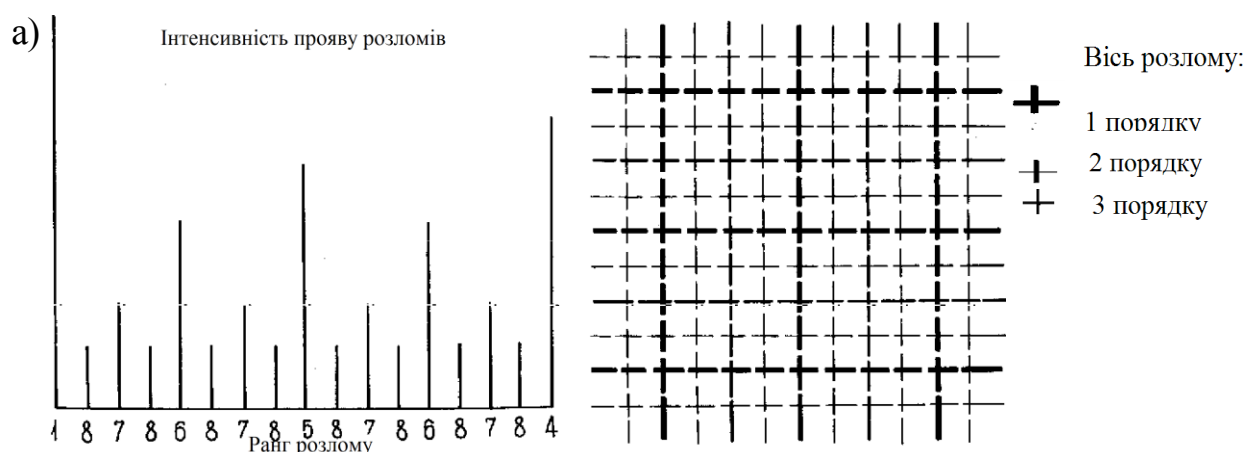


Рисунок 3.1 – Взаємовідношення умовної інтенсивності прояву розломів різних порядків однієї системи: а – по довжині; б – створені ними блоки [129]

Одним з перших результати геофізичних (гравітаційних та магнітних) зйомок використав Г.К. Кужелов (1957) для тектонічних побудов на Українському щиті. Під час періодичних вертикальних та горизонтальних коливань блоків УЩ вздовж розлому в результаті сучасних активізацій фрагментів розломів утворюються розуцільнені зони у геологічному середовищі, які є потенційною зоною зміни фізичних властивостей гірських порід, зокрема під дією техногенних факторів (сховищ відходів). Ширина ділянки потенційної зміни геологічного середовища може дорівнювати ширині розлому чи декількох розломів близьких напрямків, що наближені до техногенного об'єкта. Ці зони розломів зазвичай проявляються у вигляді лінійних локальних аномалій гравітаційного та магнітного полів, лінійних ступеней, лінійних порушень регулярного рисунка поля. Вони проявляються також як у рельєфі порід кристалічного фундаменту щита, так і в рельєфі денної поверхні. Карти індикаторів систем розломів являють собою

трансформації карт геофізичних полів і додаткової геологічної інформації в лінійні елементи, які раніше не використовували для визначення потенційних напрямків зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів. Це питання потребує розвитку та деталізації. Встановлений попередниками прояв розломів у геофізичних полях обраний для прогнозування об'ємної зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій.

На етапі виявлення і дослідження розломів використаємо описані в [129] характерні ознаки (індикатори) їх прояву в геофізичних полях, загальні й справедливі в різних геологічних умовах на основі нової ротаційної гіпотези структуроутворення відносно систем розломів земної кори [142]. В роботі будемо використовувати та аналізувати три групи індикаторів. Формалізування їх обробки можливо за допомогою апарату теорії нечітких множин, що буде розглянуто нижче у підрозділі 3.2. Якісній характеристиці прояву можливо надати кількісний параметр – величину приналежності множині (активних розломів). Елементами розрахунку є лініменти (прямолінійні відрізки).

Згідно з інформацією щодо циклічності зміни осі обертання Землі й встановленого існування декількох епох створення розломів різних напрямків [52, 131] чи планетарної шпаруватості (Ю.І. Половинкіна, Г.І. Мартинова) для геоекологічних цілей недоречно досліджувати прояв окремих поодиноких розломів. Важливим є кількісний та якісний аналіз відносного розташування «всіх» визначених розломів для конкретної території. Використаємо інформацію про фіксування в межах Українського щита шести систем розломів з азимутами простягання: 0° і 270° , 17° і 287° , 35° і 305° , 45° і 315° , 62° і 332° , 77° і 347° , що не суперечить висновкам інших учених. Зокрема в роботах Ю.І. Половинкіної наведена схема розташування розломів Українського щита: 1) меридіонального і субмеридіонального; 2) широтного; 3) північно-східного і 4) північно-західного напрямків. І.І. Чебаненко [144] виділяв переважно діагональну систему, а А.А. Гойжевський – ортогональну. Подібні закономірності спостерігаються на Балтійському та Алданському щитах [129].

Для прогнозування потенційних напрямків зміни фізичних параметрів геологічного середовища навколо сховищ відходів існуюча картографічна інформація потребує якісної та кількісної інтерпретації. При цьому особливу увагу необхідно приділити визначенню найбільш проявлених ділянок розломів. Для цього враховуємо властивості розломів: фрагментарність, трансформність, прямолінійність [129]. Фрагментарність розломів проявляється в тому, що геологічні характеристики фрагментів розломів та їх прояв у фізичних полях у межах різних блоків різні, а деякі фрагменти можуть не проявлятися взагалі. Вона обумовлена багатоактною тектонічною активізацією, неоднаковою передісторією формування блоків, законом успадкованої активізації. В цих умовах враховують прямолінійність і трансформність розломів.

Загальною властивістю всіх названих груп індикаторів є їх лінійність. Прямолінійність осьових ліній розломів – наслідок їх виникнення під дією регулярного поля планетарних напруг, на яке реагує вся тектоносфера. Звертає на себе увагу чітко виражена фрагментарність і трансформність (Дж. Уїлсон, 1965) розломів, що порушують осьові лінії одновікових розломів. Трансформність розломів призводить до того, що фрагменти, зміщуючись уздовж перетинаючих розломів, залишаються паралельними осьовим лініям.

Аналіз цієї інформації призводить до висновку про нерівномірність розташування та особливо перетину розломів, що підтверджується нерівномірним проявом окремих фрагментів у різних геолого-геофізичних ознаках. Карти індикаторів систем розломів у фізичних полях поповнюються індикаторами розломів у рельєфі порід кристалічного фундаменту і в рельєфі денної поверхні за матеріалами геологічних зйомок (уступи в рельєфі фундаменту і стародавні річкові долини), а як індикатор з карти денного рельєфу зазвичай знімають лінійні фрагменти річкової мережі [133]. Прояв сучасних активних розломів у фрагментах річкової сітки підтверджується дослідженнями авторів, що проводять аналізи космознімків [145]. Але це питання досі не досліджене досконало, основні підтвердження знаходяться при дрібномасштабних дослідженнях.

Основна різниця спостерігається не у визначенні положення фрагментів розломів у просторі, а в об'єднанні фрагментів розломів в єдині структури, тобто розбіжності носять в основному ідейний характер. Автором передбачається можливість прогнозування зміни фізичних властивостей геологічного середовища під дією промислових об'єктів за геолого-геофізичними даними для двох різних уявлень про закономірності просторового і генетичного розподілу розломів: 1) системного, що послужив одним з основ Нової ротаційної гіпотези структуроутворення в земній корі; 2) довільного, що відповідає уявленням прихильників концепції геосинкліналей і платформ. Це можливо при врахуванні особливих коефіцієнтів прояву розломів, але це питання потребує подальшого дослідження.

Прояв розлому згідно з різними даними характеризує ступінь його активності й відповідно інтенсивність фільтраційних властивостей у зоні впливу розлому на породи ВЧР для флюїдів, води чи забруднення. Для оцінки прояву розлому необхідне надання кожній системі ознак прояву розлому значення коефіцієнта приналежності, який залежить від якісної характеристики і має корегувати загальне значення прояву розлому окремої системи. Використання теорії нечітких множин дозволяє формалізувати вирішення завдань прогнозування напрямків зміни геологічного середовища навколо промислових об'єктів у системі екологічного моніторингу, пов'язаних з обробкою багатопараметрових геолого-геофізичних даних.

Розроблена і детально описана у [9] нова методика обробки картографічної геолого-геофізичної інформації, у якій оцінку активності розломів проводять використовуючи коефіцієнт прояву окремих фрагментів розломів у різних ознаках. Для цього як вихідна інформація використаємо Каталог ознак докембрійських розломів Українського щита [129].

При аналізі інформації з карт розломно-блокової будови видно, що будова УЩ дуже складна, і на територію розташування промислових об'єктів (особливо сховищ відходів) впливають розломи різних напрямків. У процесі проведення дослідження була запропонована гіпотеза стосовно визначення

особливого розподілу та розташування зон підвищеної проникності та перетинання розломів після обробки геолого-геофізичної інформації, а також стосовно нерівномірного впливу розломів різних напрямків на розповсюдження, зокрема, розчинів підвищеної мінералізації по водоносних горизонтах, що визначається так: ділянки перетинання значної кількості розломів різних напрямків, фільтраційні властивості в яких у горизонтальному напрямку дуже малі порівняно з вертикальними, це призводить до активних змін геологічного середовища на глибину, які можуть збігатися з геологічними структурами; ділянки із зниженим проявом розломів у геолого-геофізичних ознаках, які мають бути використані для побудови нових сховищ відходів; ділянки перетинання розломів з близькими азимутами простягання (347° , 0° , 17° чи 35° , 45°), де спрямована зміна фізичних властивостей гірських порід уздовж активного чи більш проявленого розлому.

Наступним кроком при вирішенні більшої кількості геоекологічних завдань, у т. ч. прогнозування зміни фізичних властивостей гірських порід навколо сховищ промислових відходів є збільшення масштабу досліджень у системі екологічного моніторингу. Складність при прогнозуванні на основі карт індикаторів систем розломів виникає внаслідок наявності на більшості територій інформації лише дрібного та середнього масштабів (1:500000 і 1:200000), а також суб'єктивності та значної тривалості їх побудови (трансформації карт гравітаційного та магнітного полів у їх лінійні елементи). Карти систем розломів середніх масштабів, які побудовані декількома вченими (К.Ф. Тяпкіним, А.Л. Лозовим, О.К. Тяпкіним, Г.А. Калашник та ін.) для окремих територій, в основному використовуються для пошуку корисних копалин. Постає питання оперативного врахування прояву розломів у крупному масштабі відносно середньомасштабних карт. У вирішенні цього питання частково може посприяти дослідження Закону успадкованого формування розломів, описаного у розділі 1. Важливо при цьому врахувати думку авторів Н.С. Шатського (1951) і А.В. Пейве (1956) [129], згідно з якою цей закон зберігається при формуванні розломів різних рангів та віку, а також при

створенні сучасної річкової сітки та ярово-балкової системи. Наслідком теоретичних обґрунтувань є те, що прояв розлому в такій ознаці, як спрямовані ділянки річкової сітки у дрібному та середньому масштабах, може бути основою для визначення коефіцієнтів прояву розломів у крупному масштабі. Такий підхід при загальній оцінці кількості індикаторів розломів може показати доречні результати і бути оперативним при прогнозі змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів за геолого-геофізичними даними та при уточненні результатів прогнозу деталізаційних досліджень для прийняття управлінських рішень щодо зниження цих змін після визначення всіх факторів, що впливають на них, а також техногенної та економічної складових. Отримані результати уточнятимуть середньомасштабні, а на картосхемах будуть визначені закономірності зміни прояву розломів.

Проведемо поетапне дослідження для оцінки пріоритетних напрямків та зон зміни геологічного середовища техногенно-навантажених ділянок Промислового Придніпров'я. За вихідні дані в роботі обрана картографічна інформація стосовно систем розломів та геофізичних полів у масштабах 1: 500000, 1: 200000, 1: 50000. Математичним апаратом аналізу прояву розломів у різних масштабах може бути обраний регресійний аналіз.

Для вибору ділянок застосування комплексу геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу необхідне визначення нечіткої множини природно-техногенних факторів, впливаючих на зміни фізичних властивостей геологічного середовища, які на локальному рівні визначимо за допомогою моделей сховищ відходів. Врахування за геофізичними та геологічними, геоморфологічними та іншими ознаками тектонічної будови регіону при дослідженні карт різних масштабів дозволяє визначити вплив цього фактора на об'ємну зміну геологічного середовища. При цьому дослідження повинні проводитися за єдиною схемою, у контексті єдиної методології, аби результати були достатні за об'ємом, коректні, змістовні та доступні для застосування на різних територіях різними спеціалістами.

3.2 Формалізація процедури обробки геолого-геофізичної інформації в системі екологічного моніторингу

Геоекологічне картування та районування техногенно-навантаженої території для проведення досліджень екологічного моніторингу геологічного середовища здійснюється після визначення природно-техногенних факторів, які впливають на процес зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів навколо сховищ відходів. Як зазначено у розділі 1, це кліматичні умови, потужність і динамічні властивості водоносних горизонтів, властивості порід тіла гребель навколо сховища, властивості й потужність ложа сховища та вміщувальних порід, властивості відходів як об'єкта геофізичних досліджень, інженерні особливості будови і розташування сховища (наявність під'їзних шляхів, ліній електропередач, обвідні канали на греблях сховища), геоморфологічні особливості розташування сховищ, розломно-блокова будова регіону, потужність порід верхньої частини розрізу та ін.

Процес проведення геоекологічного картування як складової системи моніторингу при супроводженні управлінських рішень (у т. ч. геофізичними методами), визначення розломів за геофізичними індикаторами керується людським (суб'єктивним) фактором: при виборі ділянок досліджень, досліджуваних величин, частоти проведення робіт, а також на етапі зйомки (кількість спостережень, повторних замірів, методики зйомки та ін.) [3]. Таким чином, з метою отримання висновків відносно функціонування складної системи для аналізу необхідно використовувати наближені підходи, які більш характерні для простих систем. Підхід Л. Заде дозволяє описувати нечітке відображення людиною навколишнього середовища [60, 61, 158]. Для оцінки цього відображення у математичних моделях ним розширено поняття множини та розроблена теорія нечітких множин. Категорія нечіткості й математичні моделі дозволяють кількісно аналізувати явища та процеси, які раніше оцінювалися лише якісно. Окремі значення ступеня приналежності мають суб'єктивний характер, зменшити суб'єктивність можна, використовуючи

методи експертних оцінок. При обробці комплексу геолого-геофізичних даних вирішується завдання досягнення нечітко визначеної мети шляхом застосування підходу Bellman-Zadeh, у якому мета визначення об'ємної анізотропії зміни геологічного середовища і безліч альтернатив (природних і техногенних факторів) розглядаються як нечіткі підмножини деякої універсальної множини альтернатив. Для визначення відносної «ваги» різних факторів використовується вирішення завдання впорядкування нечіткої вихідної інформації. При необхідності перехід у вирішенні зазначених завдань від нечітких множин до звичайних здійснюється за допомогою множини рівня, яка вибирається з урахуванням конкретної ситуації досліджуваної території.

Застосування розроблених на основі апарату теорії нечітких множин формалізованих процедур геоecологічного картування за геолого-геофізичними даними дозволяє підвищити оперативність обробки інформації (зокрема картографічної). Однак тут міститься велика кількість різноманітних невизначеностей. Це дія як відомих, так і невідомих чинників, які не завжди можливо повністю врахувати або спрогнозувати, а також невизначеність бажань і цілей, що часто суперечать один одному. Для «зняття» цих невизначеностей необхідна думка «експерта»-професіонала в конкретній області. І якщо рішення приймається в умовах невизначеності (результат оцінюється декількома критеріями), то і саме рішення неточне [60].

У загальному випадку нечітка множина утворюється шляхом уведення узагальненого поняття приналежності, тобто розширення двоелементної множини значень характеристичної функції $\{0, 1\}$ до континууму $[0, 1]$. Це означає, що перехід від повної приналежності об'єкта, що має конкретні якості, до повної його неналежності відбувається не стрибком, а плавно, поступово, причому приналежність елемента множині виражається числом з інтервалу $[0,1]$. Математично нечітка множина $A = \{(x, \mu_A(x))\}$ визначається як сукупність упорядкованих пар, складених з елементів x універсальної множини X (область визначення функції приналежності μ_A) і відповідних ступенів належності $\mu_A(x)$, або безпосередньо у вигляді функції $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$.

Раніше апарат теорії нечітких множин вже був успішно застосований при вирішенні окремих питань [26, 107, 136]. Наприклад, можливо припустити, що на зміну фізичних властивостей гірських порід серед інших впливають елементи множини P (ознаки прояву розломів): у геофізичних полях, геологічній будові кристалічного фундаменту, рельєфі денної поверхні та ін. Для кількісної оцінки розложимо нечітку множину A за її множинами рівня

$$A = \bigcup_{\alpha=0}^1 \alpha A_{\alpha} \quad , \quad (3.1)$$

$$\mu_{\alpha A}(x) = \alpha \mu_{A_{\alpha}}(x). \quad (3.2)$$

Множиною рівня α нечіткої множини A в $P \in$ множина, складена з елементів $p \in P$, ступінь приналежності яких до множини A не менше α

$$A_{\alpha} = \{x: \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (3.3)$$

Припустимо $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n\}$, а функція приналежності нечіткої множини A в P задана в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Функція приналежності нечіткої множини A в P

P	1	2	3	$i-1$	i	$i+1$	n
$A(p)$	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1

Тоді для множини A існують такі множини рівня:

$$A_{0,1} = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n\}, A_{0,3} = \{p_2, p_3, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n\}, \dots, A_1 = \{p_n\}. \quad (3.4)$$

А нечітку множину A для оцінки впливу факторів на зміну геологічного середовища подати у вигляді

$$A = 0,1 \{ p_1, p_2, p_3, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n \} \cup 0,3 \{ p_2, p_3, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n \} \dots \cup 1,0 \{ p_n \}. \quad (3.5)$$

Часто на конкретних ділянках, особливо при обробці результатів геофізичних даних відносно тектонічної будови і гідродинамічних умов, для прогнозування змін геологічного середовища, коли неможливо зробити точну просторову прив'язку і провести площадну оцінку, традиційно використовують ймовірностно-статистичну обробку даних стосовно напрямку, потужності, швидкості водоносних горизонтів. При цьому вважають, що окремо взяті значення не є представницькими для конкретної площі, тобто лише в середньому з великої кількості значень виводять дійсне значення фізичних параметрів. Для вдосконалення методики обробки даних про особливості геологічного середовища для формалізованої інтерпретації геолого-геофізичної інформації впроваджені методи, засновані на використанні процедур, нечутливих до структури даних.

Наприклад, для визначення в системі екологічного моніторингу напрямків зміни фізичних властивостей гірських порід у ВЧР відносно площі та глибини, що обумовлені особливостями тектонічної будови території, формалізовано вирішене завдання визначення відповідно до геолого-геофізичних даних меж фрагментів розломів і об'єднання фрагментів в єдині структури шляхом обчислення комбінації нечітких множин індикаторів (ознак) розломів. Нечітким вирішенням завдання досягнення нечіткої мети F є перетин нечітких множин мети й обмежень

$$\mu F(x) = \min\{\mu G(x), \mu C^1(x), \dots, \mu C_m(x)\}, \quad (3.6)$$

де G – нечітка множина мети, C – нечіткі множини обмежень, m – кількість обмежень. Даний формалізований підхід до досягнення нечіткої мети був успішно адаптований до оцінки радіологічної обстановки [9, 15, 20, 23].

Нижче наведений математичний апарат обробки геолого-геофізичної інформації для прогнозу напрямків змін геологічного середовища G_p під дією промислових об'єктів в умовах УЩ [134]. В основу цього алгоритму покладено

уявлення про зміну сучасного геоекологічного стану $G \in [0, 1]$ території, обумовленого поєднанням і дією природних N і техногенних факторів H (G, N і H – функції, аргументом яких є прирощення часу Δt), тобто

$$G(\Delta t) = N(\Delta t) + H(\Delta t) = \sum_{j=1}^m n_j(\Delta t) \cdot T_j(S) \cdot A_j + \sum_{i=1}^n h_i(\Delta t) \cdot C_i. \quad (3.7)$$

Параметри C_i і A_j характеризують «вагу» впливу i -го техногенного або j -го природного фактору на зміну геоекологічного стану території. Параметр $T_j(S)$ є корегувальним коефіцієнтом для конкретної території, що враховує вплив тектонічної будови на просторову зміну геологічного середовища. Значення коефіцієнта $T_j(S)$ відповідає значенням функцій N , які в свою чергу є граничними оцінками короткострокового G_{short} і довгострокового G_{long} прогнозів геоекологічного стану техногенно-навантаженої території, зокрема в короткостроковому прогнозі за формулою (3.3) значення $T_j(S)$ не враховують, спираючись лише на фізико-геологічні моделі об'єктів дослідження. При довгостроковому прогнозі геоекологічного стану території за формулою (3.4) при $\Delta t \rightarrow \infty$ коефіцієнт $T_j(S)$ стає визначальним в умовах розломно-блокової будови Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ, що визначає напрями та зони зміни геологічного середовища на регіональному рівні.

$$G_{short} = N(\Delta t) = \sum_{j=1}^m n_j(\Delta t) \cdot A_j, \text{ при } \Delta t \rightarrow 0, \quad (3.8)$$

$$G_{long} = \sum_{j=1}^m n_j(\Delta t) \cdot T_j(S) \cdot A_j, \text{ при } \Delta t \rightarrow \infty, \quad (3.9)$$

Однак для прийняття управлінських рішень у системі екологічного моніторингу необхідний перехід до обчислювальних процедур визначення параметрів, що характеризують просторову зміну геологічного середовища під дією сховищ відходів, у конкретних точках з об'ємними координатами i, j, z .

Основа для створення алгоритму обробки геолого-геофізичної інформації щодо врахування тектонічної будови. При обробці геолого-геофізичної інформації і визначення прогнозних напрямків зміни геологічного середовища мета G і обмеження C пропонується визначати описаними далі способами. Мета: зонування території відповідно до щільності індикаторів розломів (водонасичених і з нульовою провідністю, прояву в різних ознаках та ін.), тоді як функція приналежності мети буде являти собою нечітку множину. Наприклад, у «прив'язці» до щільності індикаторів розломів:

$$\mu_{G_{ij}} = \frac{N_{ij}}{N_{\max}}, \quad (3.10)$$

де N_{ij} – щільність індикаторів у поточних точках i, j , якщо $z=0$; N_{\max} – максимальна щільність індикаторів на досліджуваній території.

Обмеження – умови, що впливають на корегують визначення зон перетинання проявлених розломів (зон підвищеної щільності індикаторів) як зон активної зміни геологічного середовища.

- C^1 – наближення якісної характеристики прояву розлому в гравітаційному полі до кількісного критерію P_{ij} та визначення ступеня приналежності згідно з даною ознакою до активного розлому P_n

$$\mu_{C^1_{ij}} = \frac{P_{ij}}{P_n}, \text{ при } P_{ij} \leq P_n. \quad (3.11)$$

- C^2_k – наближення якісної характеристики прояву розлому в магнітному полі до кількісного критерію Z_{ijk} та визначення ступеня приналежності згідно з даною ознакою до активного розлому Z_{nk}

$$\mu_{C_{ijk}^2} = \frac{Z_{ijk}}{Z_{nk}}, \text{ при } Z_{ijk} \leq Z_{nk}. \quad (3.12)$$

- C_k^3 – наближення якісної характеристики прояву розлому в рельєфі кристалічного фундаменту до кількісного критерію Q_{ijk} та визначення ступеня приналежності згідно з даною ознакою до активного розлому Q_{nk}

$$\mu_{C_{ijk}^3} = \frac{Q_{ijk}}{Q_{nk}}, \text{ при } Q_{ijk} \leq Q_{nk}. \quad (3.13)$$

- C^4 – наближення якісної характеристики прояву розлому в денному рельєфі до кількісного критерію B_{ij} та визначення ступеня приналежності згідно з геоморфологічною ознакою до активного розлому B_n

$$\mu_{C_{ij}^5} = \frac{B_{ij}}{B_n}, \text{ при } B_{ij} \leq B_n. \quad (3.14)$$

- C^5 – урахування гідродинамічних особливостей відповідно до геофізичних даних (особливо швидкості фільтрації забруднення, що може контролюватися перетином розломів) R , визначення ступеня приналежності напрямку руху водоносного горизонту, що потрапляє під дію промислового об'єкта

$$\mu_{C_{ij}^5} = \frac{R_{ij}}{R_n}, \text{ при } R_{ij} \leq R_n. \quad (3.15)$$

- C^6 – інтенсивність прояву забруднення у фізичних полях, що визначається апріорними фізико-геологічними моделями (властивостями вміщувальних порід, гребель, ложа сховища, техногенними особливостями будови тощо) ділянок зміни геологічного середовища і параметрами зйомки

$$\mu_{C_{ijg}^6} = \frac{r_{ijg}}{r_n}, \text{ при } r_{ijg} \leq r_n. \quad (3.16)$$

• C^7 – визначення ширини зони зміни геологічного середовища, яка контролюється шириною зони перетину розломів. Це можливо при оцінці рангу розломів, що проявляються згідно з масштабом звітної карти

$$\mu_{C_{ij}^7} = \frac{l_{ij}}{L_{ij}}. \quad (3.17)$$

Виходячи з формул (3.1) – (3.5), зробимо висновок, що множини $C^1 - C^4$ доповнюють одна одну і відповідають формулі

$$C^1 = 1 - C^2 - C^3 - C^4. \quad (3.18)$$

Даних множин може бути n , причому $\sum_{i=1}^n C^i = 1$. (3.19)

Отримана множина проміжних рішень C^{1-4} має ще декілька невизначеностей при прогнозуванні змін геологічного середовища, водоносних горизонтів, ширини зони прояву змін геологічного середовища у геофізичних полях. Урахування цих обмежень проведене за такою схемою: множини C^5, C^6, C^7 враховуються послідовно після врахування $C^1 - C^4$. В результаті формулу (3.1) представимо так:

$$\mu F(x) = \min\{\mu G(x), (\mu C^{1-4}(x)), \dots, \mu C^m(x)\}. \quad (3.20)$$

Для правильної регіональної оцінки і прогнозу просторової зміни геологічного середовища у системі екологічного моніторингу необхідно визначити сукупність природно-техногенних факторів, що впливають на вертикальну і горизонтальну складові міграції забруднень.

3.3 Алгоритм обробки картографічної геолого-геофізичної інформації для геоecологічного картування Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ

Для обробки картографічної інформації геофізичних досліджень з метою прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів застосуємо теорію нечітких множин, детально описану вище. Вихідними даними є картографічна інформація щодо геофізичних полів (гравіметрії, магнітометрії), розломно-блокової будови, геоморфологічної будови тощо. Необхідна додаткова інформація – якісна характеристика прояву розломів у геологічних, геоморфологічних та геофізичних ознаках. Запропонований алгоритм обробки геолого-геофізичної інформації та комплексування з додатковою гідродинамічною і тектонічною інформацією для вирішення завдань екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій наведений на рис. 3.2.

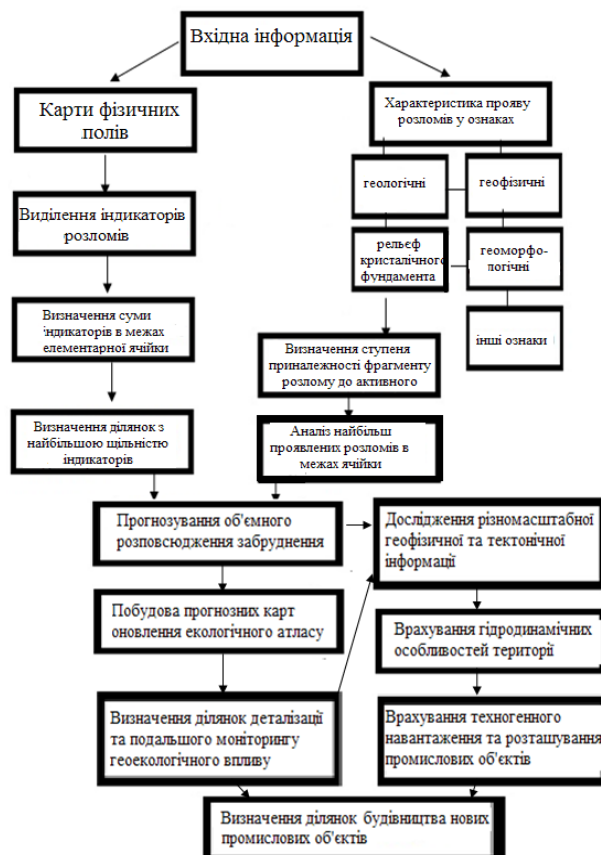


Рисунок 3.2 – Схема обробки геолого-геофізичної інформації для прогнозування змін геологічного середовища

Поданий алгоритм складається з 3 основних блоків: обробка картографічної геофізичної інформації, розрахунок коефіцієнтів прояву фрагментів розломів, комплексний аналіз гідродинамічної, тектонічної, геоморфологічної та іншої інформації території досліджень. Результатом першого блоку алгоритму є районування території з визначенням ділянок найбільшої щільності індикаторів розломів у геофізичних полях, де перетинаються декілька розломів (кількісний показник прояву розломів).

Для автоматизування кількісного підрахунку індикаторів розломів автором створена комп'ютерна програма Marcounter. Розроблена програма може працювати у двох напрямках: 1) розрахунок щільності індикаторів розломів усіх азимутів простягання з урахуванням коефіцієнтів прояву (що поєднує перший і другий блоки алгоритму), 2) підрахунок щільності розташування індикаторів відповідно до окремого азимуту.

Урахування ступіня прояву розломів $P \in [0, 1]$ при підрахунку індикаторів необхідне для коректного визначення і прогнозу шляхів та зон зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів на геологічне середовище. Вихідна картографічна інформація території досліджень розподіляється на мережу чарунок, у яких проводиться підрахунок індикаторів розломів відповідно до кожного з 12 напрямків з уточненням їх прояву у геолого-геофізичних ознаках (зокрема в гравітаційному, магнітному полях, у рельєфі, геології УЩ та ін.), за даними К.Ф. Тяпкіна, В.М. Гонтаренка [129].

За формулою (3.21) проведена обробка картографічної інформації відносно розломно-блокової будови УЩ для прогнозування переважних напрямків потенційної просторової зміни фізичних властивостей гірських порід (по латералі чи на глибину) при врахуванні прояву розломів усіх напрямків.

$$S_{inorm} = \frac{\sum_{j=1}^{12} S_{ji} \cdot K_p}{S_{\max}} = \frac{\sum_{j=1}^{12} S_{ji} \cdot \left(\frac{P_g + P_m + P_r + P_{geo}}{S_p} \right)}{S_{\max}}, \quad (3.21)$$

де i – номер чарунки, j – номер «напрямку» розлому з конкретним азимутом простягання, S_{inorm} – нормована сума за всіма напрямками в чарунці i , S_{ji} – сума індикаторів розломів у чарунці для J «напрямку», K_p – коефіцієнт прояву розлому, S_{max} – максимальне значення суми індикаторів на картосхемі території досліджень, P_g, P_m, P_r, P_{geo} – прояви розлому в гравітаційному, магнітному полях, в рельєфі кристалічного фундаменту УЩ, в геологічних формаціях УЩ відповідно, S_p – кількість враховуваних ознак прояву розлому.

Формула (3.22) створена для обробки картографічної інформації відносно розломно-блокової будови для прогнозу змін геологічного середовища під дією сховищ промислових відходів за одним азимутом простягання розломів.

$$S_{jinorm} = S_{ji} \cdot K_p / S_{jmax} = \frac{S_{ji} \cdot (P_g + P_m + P_r + P_{geo})}{S_p \cdot S_{jmax}} \quad , \quad (3.22)$$

де S_{jinorm} – нормована сума індикаторів розломів по J «напрямку» в чарунці i , S_{jmax} – максимальне значення суми індикаторів на картосхемі території досліджень відповідно до J «напрямку».

Для визначення коефіцієнта прояву (P_g, P_m, P_r, P_{geo}), спираючись на теорію нечітких множин (суми або) ступеня приналежності фрагмента розлому у геолого-геофізичних ознаках до активного, важливо перевести якісну характеристику прояву розлому в геологічних, геоморфологічних, геофізичних ознаках у числовий вигляд. Це можливо, якщо надати ступінь приналежності фрагменту розлому за його характеристикою [129].

Тоді значення коефіцієнта прояву досліджуваного фрагмента розлому буде обиратися з множини можливих проявів розлому в різних ознаках $P = (A_i)$, $P \in [0, 1]$. Наприклад, $A_0=0$ – розлом не проявляється, $A_1=1$ – розлом проявляється у фізичному полі у вигляді широкої ступені (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Підходи до переведення якісного опису розломів у кількісний

Опис у гравітаційном у і магнітному полях	Коефіцієнт	Опис у рельєфі та на поверхні фундаменту	Коефіцієнт	Опис у геологічних ознаках	Коефіцієнт
Широка ступінь	A ₁	Лінійні ділянки гідро сітки дрібні	B ₁	Контакти масивів інтрузивного та ультраметаморфічного походження, дайки кислого складу	C ₁
Зміщення осей аномалій	A ₂	Фрагменти уступів фундаменту	B ₂		
Відрізки гравітаційних ступеней	A ₃	Зниження рельєфу фундаменту	B ₃		
Зміна рисунку поля	A ₄	Уступ фунда-менту	B ₄		
Ступінь, що поділяє різні рисунки поля	A ₅	Зміна характеру поріваності рельєфу фундаменту	B ₅		
Ступінь і зміщення осей аномалій	A ₆	Давні долини	B ₆		
Серія лінійних аномалій	A ₇	Лінійні ділянки гідросітки великі	B ₇	Контакти інтрузивних масивів, малі тіла дайки основного та ультраосновного складів	C ₂
Порушення ступеней	A ₈	Лінійні ділянки вододілів у фундаменті	B ₈		
Не проявляється	A ₉	Не проявляється	B ₉		
Ступінь з незначною інтенсивністю	A ₁₀	Лінійні виступи	B ₁₀	Ділянки вторинних змін порід динамометаморфізму	C ₃
Серія паралельних ступеней	A ₁₁				
Прояв слабкий	A ₁₂				

Наступним кроком є перенесення значень з таблиці кількості індикаторів розломів S_{ijorm} на сітку карти та присвоювання значення центру кожної чарунки. Далі проводяться ізолінії щільності показників, визначення ділянок з пониженою чи підвищеною щільністю індикаторів розломів та потенційних просторових особливостей зміни геологічного середовища.

3.4 Прогнозування просторової змін фізичних властивостей геологічного середовища навколо промислових об'єктів за комплексом геолого-геофізичної, гідрогеологічної та тектонічної інформації

Як описано вище, сучасні методи окремого врахування картографічної інформації відносно гідрогеологічних, геофізичних, геодинамічних, екологічних особливостей техногенно-навантажених територій не дозволяють оперативно визначати напрямки зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів та окремо не можуть бути коректною основою для детального геоекологічного прогнозування в системі екологічного моніторингу геологічного середовища [3].

Для геоекологічного картування і прогнозу змін геологічного середовища навколо сховищ відходів, а також підтримки прийняття управлінських рішень відносно зниження цих змін визначена необхідність комплексування в системі екологічного моніторингу результатів геолого-геофізичних методів досліджень з інформацією стосовно тектонічної будови території, гідродинамічних та геоморфологічних особливостей, техногенного навантаження та ін.

Описана методика має дві модифікації, що підтримуються результатами роботи програми Marcounter. Перша дозволяє прогнозувати зміну геологічного середовища при оперативній обробці геолого-геофізичної картографічної інформації на основі отриманих сумарних карт підвищеної щільності індикаторів розломів. Друга – дозволяє аналізувати конкретні потенційні напрямки зміни геологічного середовища для прийняття конкретних запобіжних заходів. Для геоекологічного прогнозування при обробці геолого-геофізичної картографічної інформації у масштабі 1:500000 будуємо картосхему щільності індикаторів розломів, що відображає значення інтенсивності прояву розлому, на якій для кожної чарунки умовної мережі отримаємо множину проміжних рішень (щільності індикаторів розлому з окремим азимутом простягання), серед яких виділяємо найбільш проявлені. За таблицею 3.3

виконуємо аналіз отриманої картографічної інформації по кожній ячійці умовної мережі досліджень і визначаємо ділянки просторової зміни геологічного середовища (рис. 3.3).

Таблиця 3.3 – Схема визначення пріоритетної зміни геологічного середовища

Кількість проявлених напрямків розломів в	Щільність індикаторів розломів на сумарній	Пріоритетний напрямок зміни геологічного середовища
0	0 – 0,25	По латералі (повільний)
1		По латералі спрямований (експоненціальний)
2 – 3 близьких	0,26 – 0,5	На глибину геологічного розрізу
2 ортогональних	0,51 – 0,8	
3	0,81 – 1	
Більше 3		



Кількість активних напрямків

>3

2 – 3

1 – 2

0

Рисунок 3.3 – Карта щільності лінеаментів активних напрямків розломів у масштабі 1: 500000 (м. Марганець)

Зміна фізичних властивостей гірських порід геологічного середовища не проходить по вузькому напрямку, вона поширюється на площу, що поєднує розломи декількох напрямків. Для вирішення питання ширини зони впливу звернемося до основ тригонометрії та моделювання. На рисунку 3.4 показаний варіант перетинання розломів трьох близьких напрямків.

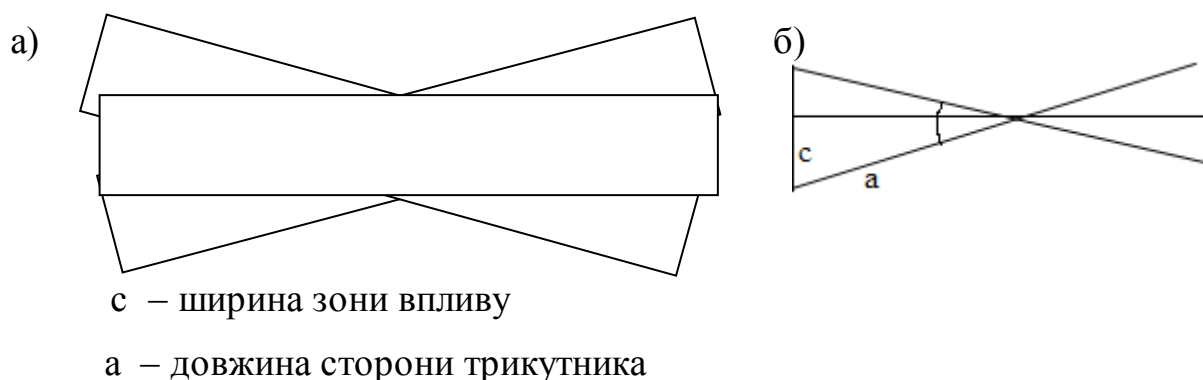


Рисунок. 3.4 – Схема перетинання: а – зон розломів; б – осей розломів трьох близьких напрямків для визначення ширини зони спрямованої зміни геологічного середовища

Осі простягання розломів утворюють рівнобічний трикутник, у якому невідомою є одна із сторін. Встановлено, що кут між двома іншими сторонами (розломами з близькими азимутами простягання інших систем) дорівнює в усіх випадках приблизно 30° . Довжина сторін вимірюється залежно від масштабу досліджень. В цьому випадку ширину впливу оцінемо за формулою

$$c = a \cdot \sin \alpha, \quad (3.23)$$

де α – кут між осями двох найближчих до досліджуваного розломів; a – довжина сторони залежно від чарунки досліджень у конкретному масштабі; c – ширина зони зміни геологічного середовища.

Таким чином, якщо $\alpha = 30^\circ$, $c = a/2$. Ширина розлому пропорційна масштабу досліджень і рангу розлому. Для подальшого аналізу ширини зміни геологічного середовища від конкретного промислового об'єкта необхідні більш детальні дослідження, залежно від розміру об'єкта та інформації відносно проявів фрагментів розломів окремих напрямків.

На наступному етапі прогнозування фізичних і геометричних параметрів зони зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів необхідне

комплексування додаткової інформації щодо гідродинамічного режиму водоносних горизонтів, геоморфологічних особливостей території та ін. Враховуючи те, що активні сучасні розломи, як правило, добре відбиваються в сучасному рельєфі денної поверхні, для подальшої обробки були побудовані розвернуті рози-діаграми лінійних ділянок сучасної гідромережі та ярово-балкової мережі центральної частини Промислового Придніпров'я на основі топокарт масштабів 1:200000 та 1:100000 (рис. 3.5). Як видно з цих рисунків, виділені максимуми припадають на напрямки, що збігаються з розломами з азимутами простягання $35 - 45^\circ$. Ці результати узгоджуються із загально регіональними особливостями (рис. 3.6), визначеними раніше [12, 131].

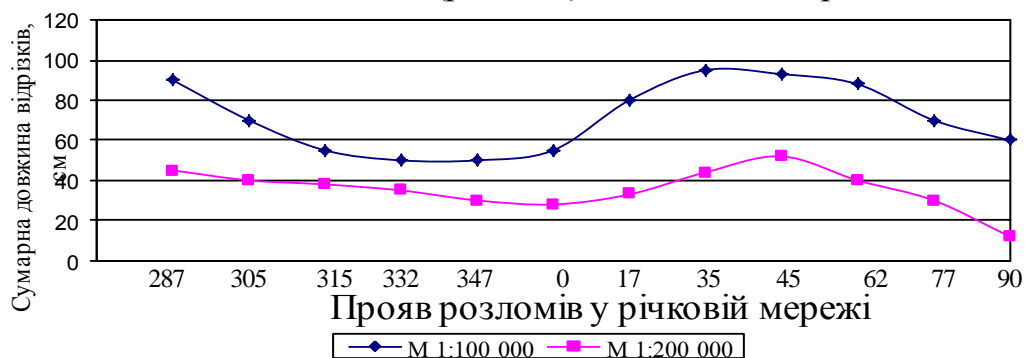


Рисунок 3.5 – Прояв розломів у річковій мережі у масштабах 1:100000 та

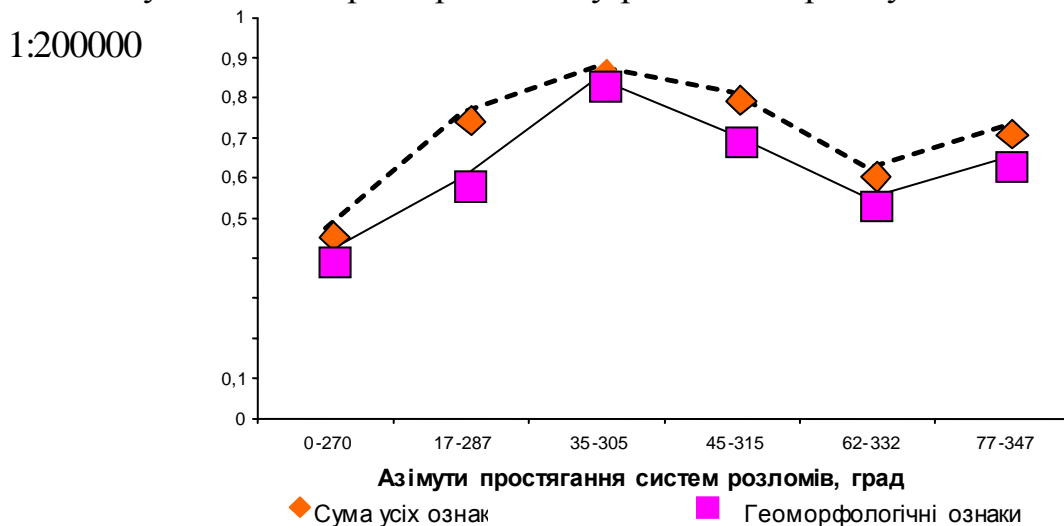


Рисунок 3.6 – Прояв розломів у комплексі геолого-геофізичних ознак

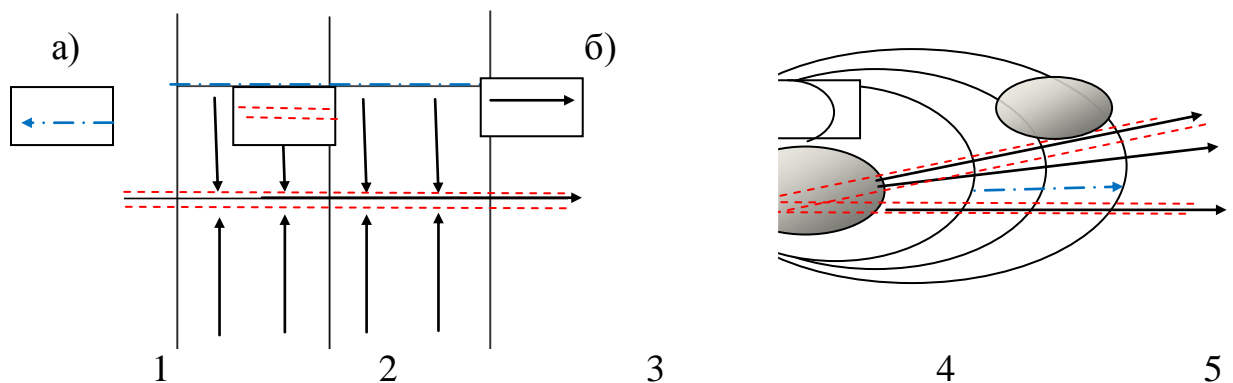
Наступним кроком у системі екологічного моніторингу є врахування гідродинамічних умов регіону, адже зміна фізичних властивостей геологічного середовища під дією сховищ відходів відбувається найбільше по водоносних горизонтах [28].

При дослідженні зміни геометричних та фізичних параметрів водоносних горизонтів для цілей прогнозування їх просторово-часових характеристик необхідно застосовувати закон А. Дарсі (1856) [66], а також аналізувати формули об'ємів перетікання між водоносними горизонтами. Досліджено, що розлом, проявлений у геофізичних полях, впливає на будову верхньої частини геологічного розрізу, формуючи «літологічні» вікна, які зафіксовані зменшенням потужності водоупорів між водоносними горизонтами. Це призводить до збільшення перетікання між ними. При чому збільшується коефіцієнт фільтрації у зонах розломів. Це видно з формули залежності

$$v=(H_2-H_1)k/L , \quad (3.24)$$

де v – швидкість фільтрації, $H_2 - H_1$ – різниця рівнів (глибин залягання водоносних горизонтів), k – коефіцієнт фільтрації, L – довжина шляху.

На рисунку 3.7 надана схема прогнозування зміни геологічного середовища під дією сховища відходів при врахуванні всіх факторів.



1 – напрям руху підземних вод; 2 – зона розлому; 3 – напрям зміни геологічного середовища від сховища; 4 – гідроізоляція; 5 – сховище відходів

Рисунок 3.7 – Схема комплексування гідрогеологічної та тектонічної інформації для прогнозування зміни геологічного середовища: а – схема контролю розломами змін фізичних властивостей гірських порід у геологічному середовищі; б – схема зміни властивостей водоносних горизонтів навколо сховища.

На схемі «а» показаний напрямок руху розчину підвищеної мінералізації по водоносному горизонту, який спрямований спочатку до розлому, а потім – уздовж нього. На рисунку 3.7, б показана зона потенційної зміни геологічного середовища під дією сховища відходів на водоносні горизонти. У зоні проявленого у геофізичних полях розлому спостерігається зниження рівня водоносного горизонту, тому може спостерігатися «стік» розчинів підвищеної мінералізації до розлому. Зв'язок проявлених розломів з рівнем водоносних горизонтів та сейсмічними подіями підтверджується у багатьох роботах [37, 31]. В геологічному середовищі існує поняття розломів з нульовим перетіканням, які є бар'єрами для зміни властивостей водоносних горизонтів. Ці розломи перетинають водоносні горизонти у ВЧР, а у породах кристалічного фундаменту вважаються неактивними розломами, що є водопідпором.

Запропоновану методику обробки геолого-геофізичної інформації і прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів з урахуванням тектонічної будови необхідно застосувати першочергово на територіях Промислового Придніпров'я для дослідження впливу особливостей тектонічної будови території на зміну фізичних властивостей гірських порід відповідно до площі та глибини. Узагальнення цієї інформації надає можливість використати її для деталізації та уточнення сучасних геоecологічних карт техногенно-навантажених територій. Аналіз техногенного навантаження (розташування джерел забруднення) дає можливість створювати прогнозні карти зміни фізичних властивостей водоносних горизонтів.

Використання цього алгоритму проілюструємо на прикладі обробки геолого-геофізичної інформації частини території Дніпропетровської області (центральної частини Промислового Придніпров'я), на якій, як описано у розділі 1, знаходяться історично-сформовані території видобутку та переробки корисних копалин і кількість накопичених промислових відходів (залишкового техногенного навантаження), що дорівнює 4/5 від загальної кількості накопичених відходів України (більше 11 млрд т). На рис. 3.8 показано осі розломів II рангу та сховища відходів.

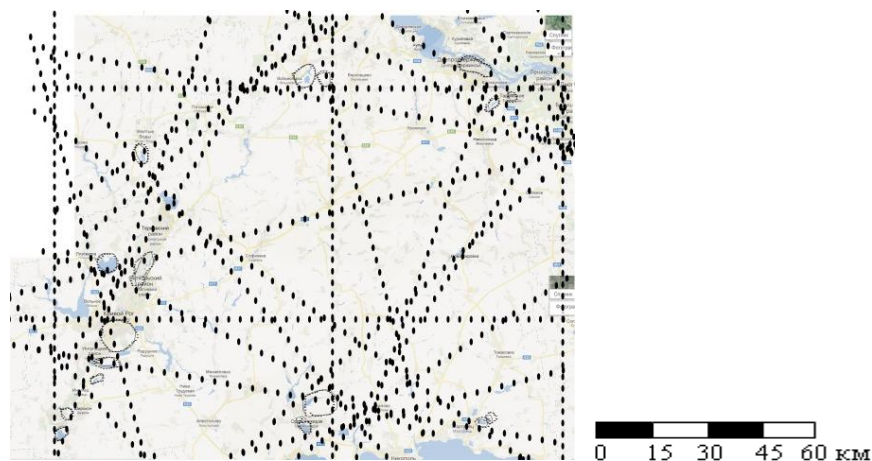
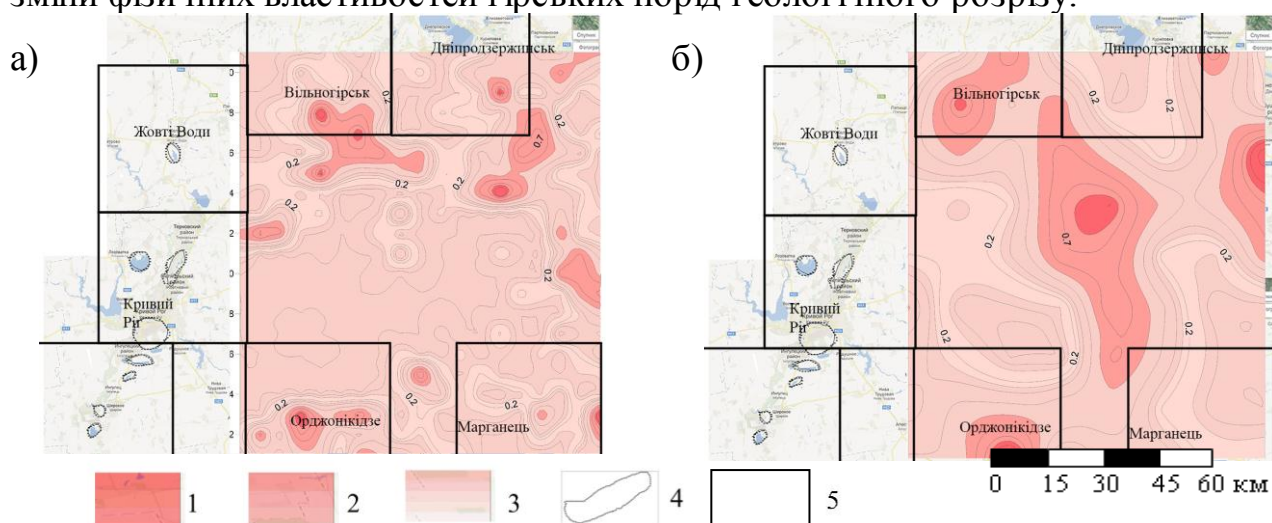


Рисунок 3.8 – Досліджувана ділянка Дніпропетровської області та осі систем розломів УЩ II рангу у масштабі 1:500000

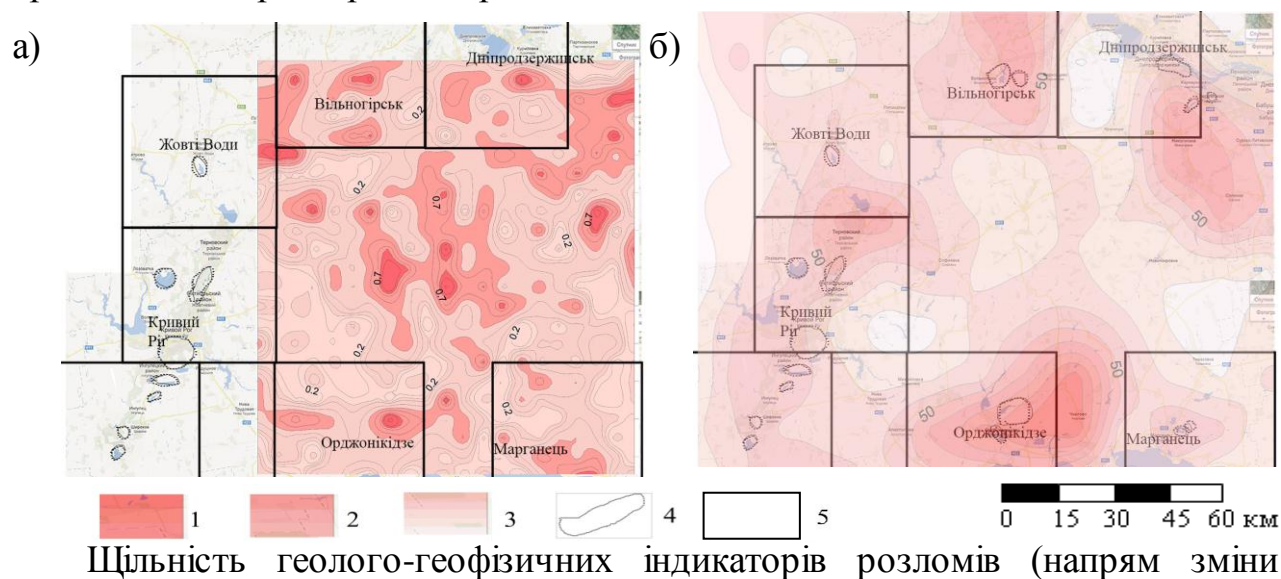
На рисунках 3.9 та 3.10 наведені результати обробки картографічної інформації щодо систем розломів у масштабі 1:500000 з [127], а також гравітаційного, магнітного полів та геоморфології у масштабі 1:1000000, що дозволяє визначити ділянки найбільшої щільності індикаторів розломів, тобто перетину розломів декількох напрямків, що є ділянками пріоритетно глибинної зміни фізичних властивостей гірських порід геологічного розрізу.



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів (напряв зміни фізичних властивостей гірських порід) 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); 4 – сховища відходів; 5 – ділянки детальних досліджень

Рисунок 3.9 – Картохеми щільності індикаторів розломів Дніпропетровської області, отримані при обробці картографічної інформації відносно: а – магнітного поля; б – гравітаційного поля

Результатами обробки картографічної інформації відносно магнітного і гравітаційного полів масштабу 1:1000000 є картосхема, на якій виділяються зони підвищеної щільності індикаторів, що збігаються з основними зеленокам'яними структурами Середньопридніпровського мегаблоку УЩ, утворення яких пов'язане з підвищеною подрібненістю порід УЩ [97, 105]. На картосхемі, отриманій у результаті обробки картографічної інформації гравітаційного поля, добре виділяється структура у центрі карти, яка не проявляється при обробці карти магнітного поля.



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів (напрямок зміни фізичних властивостей гірських порід) 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); 4 – сховища відходів; 5 – ділянки детальних досліджень

Рисунок 3.10 – Картосхеми щільності індикаторів розломів Дніпропетровської області, отримані при обробці картографічної інформації відносно: а – геоморфології М 1:1000000; б – систем розломів М 1:500000.

Карта масштабу 1:500000 на рис. 3.10, б побудована на основі обробки карт систем розломів з урахуванням коефіцієнтів прояву фрагментів розломів у основних ознаках згідно з каталогом [129]. Найбільш проявлені на картохемі 3.10, б – 4 ділянки, які вважатимемо активнішими за інші, що є потенційними напрямками переважної зміни геологічного середовища з глибиною під дією промислових об'єктів. Перша (район м. Вільногірська) ділянка має витягнуту

форму в північному напрямку. Друга – на сході, південніше м. Дніпродзержинська, витягнута в північно-західному напрямку. Третя – на півдні, поблизу м. Орджонікідзе, витягнута у північно-східному напрямку, має ті самі пропорційні розміри. Остання ділянка – четверта – розташована поміж містами Жовті Води та Кривий Ріг та витягнута у східному напрямку. Якщо простежити їх розташування та простягання, добре помітно, що північна та південна ділянки паралельні, так само як східна і західна, вони частково співпадають з зеленокам'яними структурами УЩ (рис. 3.11).

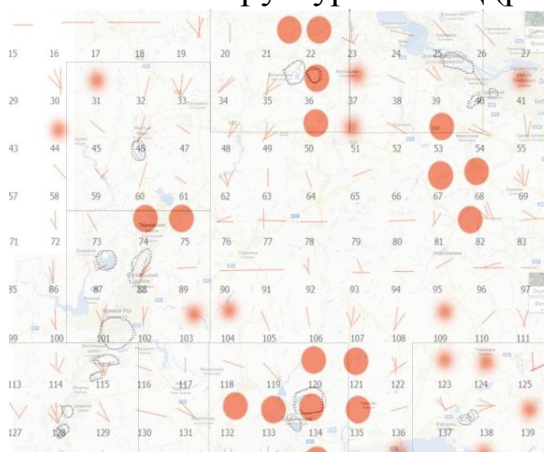


Рисунок 3.11 – Картосхеми напрямків прояву розломів у геолого-геофізичних ознаках після обробки вихідної карти

Дані ділянки за територіальним розташуванням знаходяться на відстані, що дорівнює приблизній відстані між розломами II рангу і майже симетрично розташовані до центру отриманої картосхеми підвищеної щільності індикаторів розломів. Цей результат порівнюємо із середньо- та великомасштабними дослідженнями. Отримана інформація показує, що промислові об'єкти розташовані в різних зонах, отже, при їх будівництві не враховувалися особливості тектонічної будови з точки зору об'ємної зміни геологічного середовища. Саме тому цю інформацію необхідно брати до уваги при геоecологічному картуванні та районуванні території для геолого-геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу, а також при будівництві нових промислових об'єктів (особливо сховищ відходів).

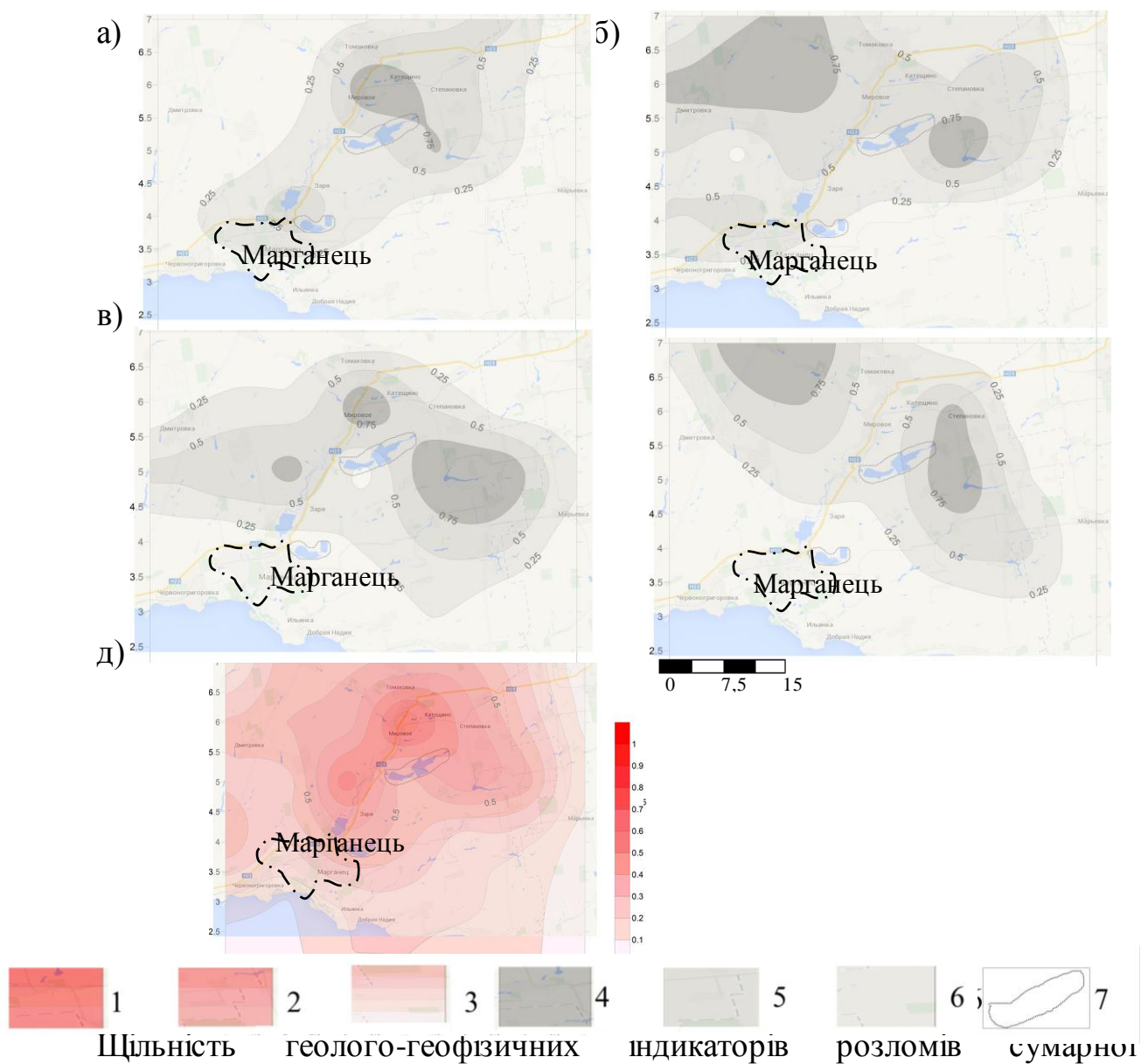
3.5 Різномасштабні геолого-геофізичні дослідження для геоecологічного картування і деталізації прогнозу зміни геологічного середовища в екологічному моніторингу

В геоecологічному картуванні, як і в геологорозвідувальному процесі, при виділенні розломів як напрямків потенційних змін геологічного середовища зазвичай проводиться статистичний аналіз азимутів простягання найбільш виражених лінійних елементів гравітаційного і магнітного полів, тому картосхеми щільності індикаторів розломів є одним з відображень розлому для подальшого аналізу.

Прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів на основі геолого-геофізичних даних масштабів 1:500000 і 1:200000 деталізуємо результатами обробки картографічної інформації відносно геофізичних полів М 1:50000. Для ілюстрації використання великомасштабної геолого-геофізичної інформації обрано район м. Марганця. Як вихідні дані використано різномасштабну картографічну інформацію відносно систем розломів у масштабах 1:500000 – 1:50000 та другої похідної гравітаційного потенціалу V_{zz} у масштабі 1:50000 для території поблизу м. Марганця. Зміну геологічного середовища (при розповсюдженні забруднення) при сучасних геолого-геофізичних дослідженнях прогнозуємо, беручи до уваги забруднення від відстійників, а потенційним джерелом залишаються кар'єри, що відпрацьовуються.

На картах масштабів 1:500000 і 1:200000 виділяються розломи I і II рангів. При дослідженні більш великого масштабу передбачається виділення розломів до VI рангу, що дозволить уточнити шляхи зміни фізичних властивостей гірських порід для прийняття необхідних заходів відносно попередження негативних змін геологічного середовища навколо промислового об'єкта. Результати обробки картографічної інформації у масштабі 1:200000 свідчать, що на більшості територій спостерігаються розломи всіх напрямків за К.Ф. Тяпкіним. На окремих ділянках вони проявляються сильніше в більшості

ознак, і тому ці ділянки є більш потенційними зонами зміни геологічного середовища відносно інших ділянок (на рис. 3.12 зони умовно виділені ізолінією 0,75).



картосхеми (напрямок зміни фізичних властивостей гірських порід) 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому) 4 – 0,75 – 1 (сильний); 5 – 0,5 – 0,75 (середній); 6 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 7 – сховища відходів

Рисунок 3.12 – Картосхеми щільності індикаторів розломів у масштабі 1:200000 з азимутами простягання: а – 45°; б – 62°; в – 287°; г – 305°; д – сумарного прояву розломів

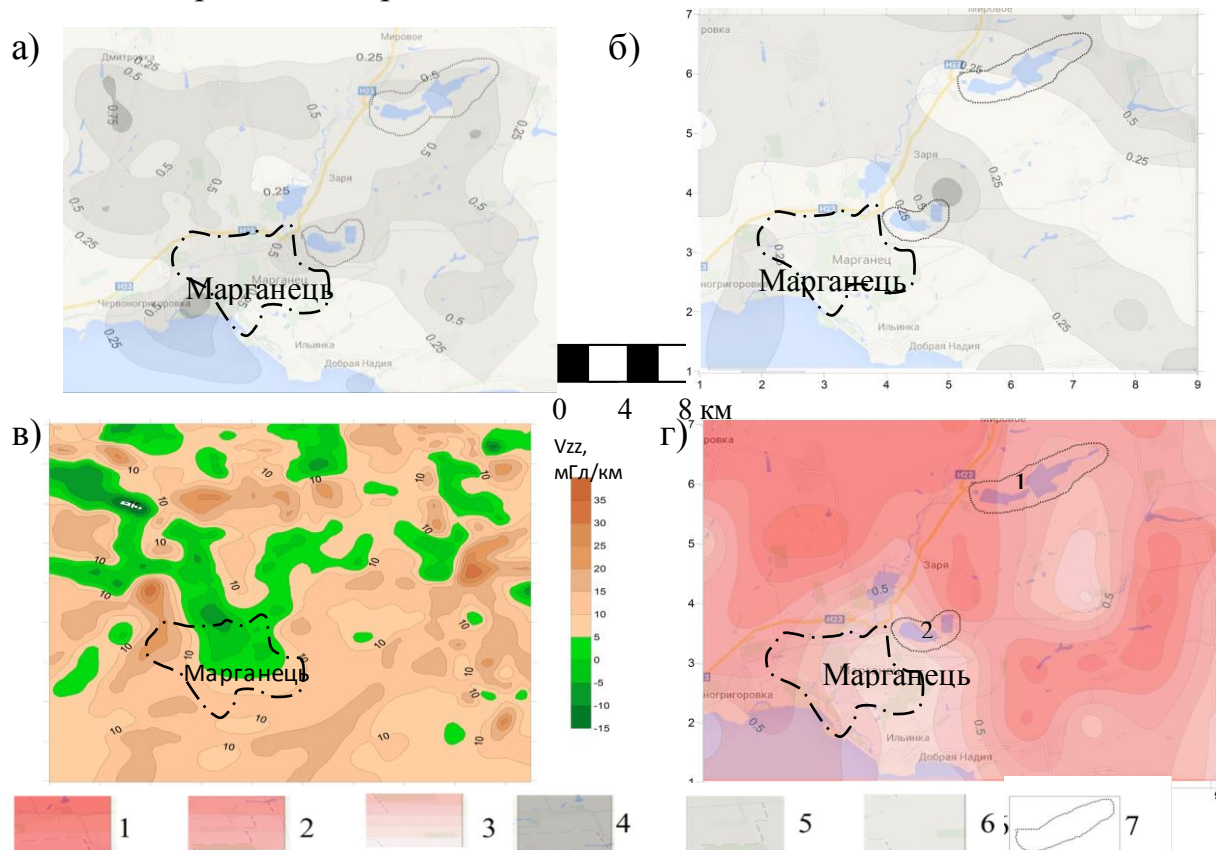
Високий рівень активності розломи мають також у зонах умовно виділених ізолінією 0,5. Зона з відмітками 0,25 – 0,5 є контуром проявів розломів в окремих ознаках та дає загальне уявлення про напрямок потенційної зміни геологічного середовища, зокрема під дією сховищ відходів. Таким чином, ураховуючи виділені на рис. 3.12 зони і порівнюючи їх з інформацією стосовно гідродинамічних умов території досліджень, а також у комплексі з інформацією про прояви розломів усіх напрямків, районуємо територію і визначити ділянки деталізаційних робіт у системі екологічного моніторингу.

Картосхема сумарного прояву розломів з рис. 3.12, д узагальнює цю інформацію, при порівнянні та дослідженні закономірностей зображення (розподілу ізоліній) проводимо осьові лінії проявлених розломів перпендикулярно до ізоліній. На картосхемі сумарного прояву розломів виділяються розломи з азимутами простягання 0° , 35° , 62° , 287° , 305° навколо сховища. Таким чином, сумарний рисунок у масштабі 1:200000 дає можливість отримати первинну інформацію про потенційні напрямки зміни геологічного середовища (згідно з коефіцієнтами прояву розломів [9]).

Картосхеми щільності індикаторів розломів, подані на рис. 3.13. Вони отримані в результаті обробки картографічної інформації у масштабі 1:50000 відносно гравітаційного поля та розломно-блокової будови, це дозволяє зробити висновок про велику рівномірну наповненість території ознаками розломів. Проведення регресійного аналізу отриманих даних дозволило визначити «вагу» гравіметричних даних при уточненні розломно-блокової будови, що становить від 70 до 80 %, з коефіцієнтом детермінації від 68 до 74 %. Аналогічні висновки отримали, обробивши картографічну інформацію інших геофізичних методів. З рис. 3.13 видно, що в районі сховища розломи з азимутами простягання 45° , 62° , 305° проявлені найбільше, а – 35° , 0° , 287° , 347° – менше. У картосхемі сумарного прояву розломів ці напрямки виділяються, однак необхідно проводити комплексний аналіз (рис. 3.13).

Обробка картографічної інформації відносно систем розломів у масштабі 1:50000 призвела до визначення зони підвищеної вертикальної фільтрації

(рис. 3.13), що навколо існуючого кар'єру створює майже коло. Проведені дослідження із встановлення потенційних напрямків просторової зміни фізичних властивостей гірських порід показали, що у разі потрапляння забруднюючих речовин у цю зону, є можливість проникнення їх у бік м. Марганця та інших малих населених пунктів. Адже в цій зоні є «вікна», в яких щільність індикаторів розломів велика, але односпрямована з пріоритетним широтним напрямком.



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів сумарної картосхеми (зміна фізичних властивостей гірських порід) 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); щільність індикаторів розломів одного азимуту (прояв розлому) 4 – 0,75 – 1 (сильний); 5 – 0,5 – 0,75 (середній); 6 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 7 – сховища

Рисунок 3.13 – Картосхеми щільності індикаторів розломів, отримані в результаті обробки картографічної інформації відносно: а – гравітаційного поля V_{zz} ; б – розломно-блокової будови з азимутом простягання 305° ; в) вихідне поле V_{zz} ; г) сумарний прояв розломів у масштабі 1:50000.

Важливим результатом прогнозування напрямків зміни геологічного середовища поблизу м. Марганця є те, що пріоритетним для відстійника (1) є напрямок у бік малих населених пунктів, що розташовані на південному сході, для сховищ відходів, розташованих між містом та кар'єрами (2), – у бік м. Марганця. З урахуванням вищенаведеного слід зазначити, що для попередження змін геологічного середовища навколо сховищ відходів необхідна обробка комплексу великомасштабної геофізичної, гідрогеологічної та тектонічної інформації і аналіз прояву розломів на картографічній інформації при укрупненні масштабу досліджень з 1:500000 до 1:50000.

При обробці карт масштабів 1:500000 і 1:200000 виділяються зони прояву розломів, які зображені фігурами витягнутої форми і добре відображаються у геофізичних полях. При дослідженнях картографічної інформації масштабу 1:50000 індикатори розломів заповнюють значну частину карти відносно рівномірної щільності. Адже на картах великого масштабу виділяються розломи (або їх показники) одного напрямку і декількох рангів, що ускладнює виділення окремих розломів.

При прогнозуванні змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів слід враховувати, що дослідження різного масштабу надають різну інформацію відносно прояву розломів. Для встановлення закономірностей прояву розломів на геофізичних картах різних масштабів використовуємо апарат регресійного аналізу, що дає можливість установити закономірності зміни прояву розломів при збільшенні масштабу досліджень і дозволить прогнозувати результати більш детальних робіт стосовно дослідження розломно-блокової будови [27]. Регресійну залежність досліджуваних параметрів Y від X (а саме: значення інтенсивності прояву розлому в різних масштабах) виглядає:

$$Y(i) = B_1 X(i) + B_0 + e(i), \quad (3.25)$$

$$0 < i \leq n,$$

де B_1 , B_0 – невідомі константи, $e(i)$ – випадкові величини близькі до 0.

Цю залежність характеризує коефіцієнт кореляції, що відображає міру залежності двох величин та дисперсії, яка, у свою чергу, відображає значення розбросу величин виборки від середнього значення, що розраховує регресійне рівняння. При аналізі отриманих картосхем масштабів 1:500000 і 1:200000 можливо виділити окремі закономірності. На картах більш дрібного масштабу показані розломи I і II рангів, для яких відстань між осьовими лініями складає 140 ± 10 та 70 ± 5 км. При аналізі карт середнього та великого масштабів виділяються розломи більших рангів згідно з табл. 3.4.

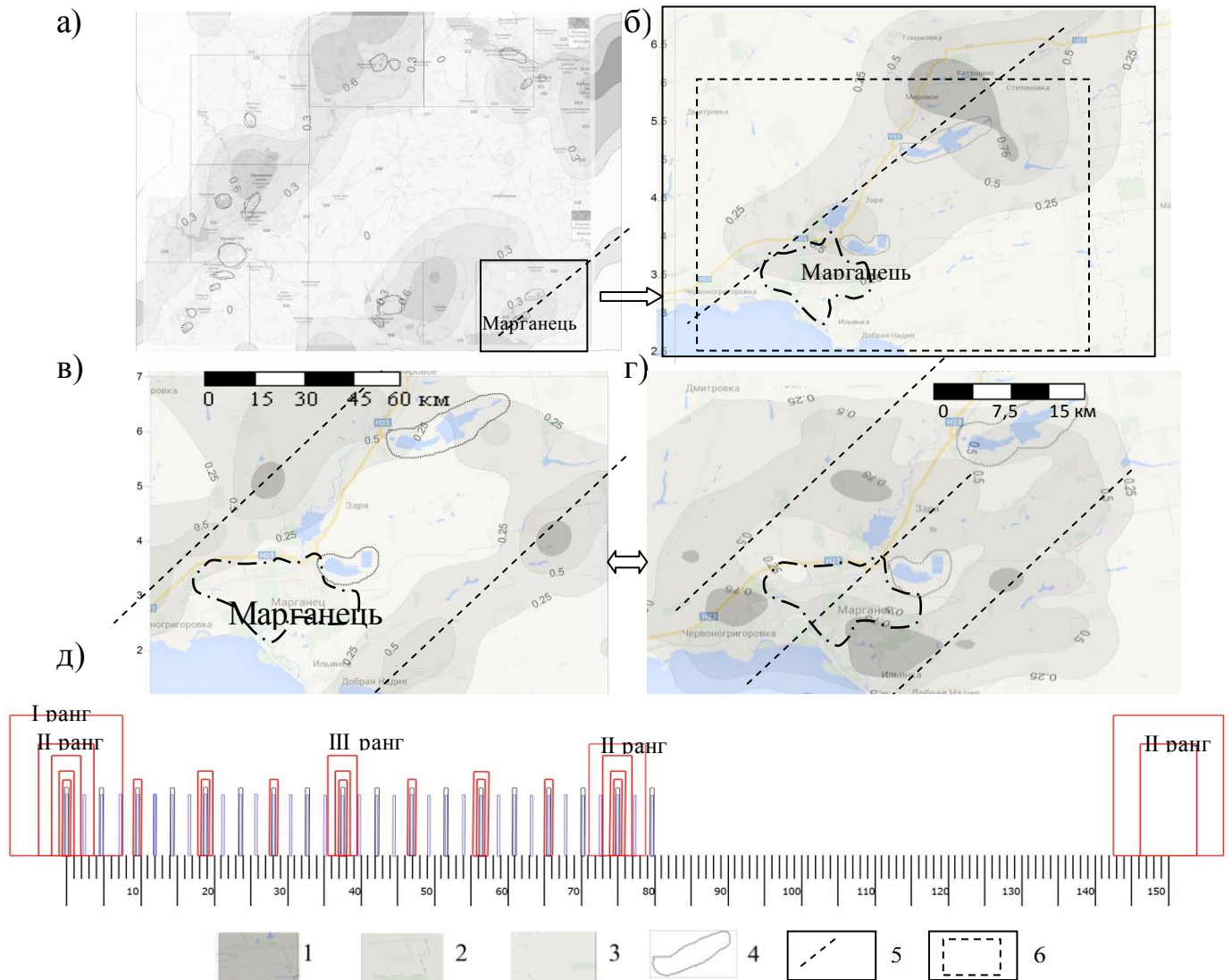
Таблиця 3.4 – Особливості прояву розломів на різномасштабних картосхемах у геолого-геофізичних ознаках

Масштаб геофізичної карти	Ранги, що виділяються	Відстань між осями розломів, км
1:500000	I	140 ± 10
1:500000	II	70 ± 5
1:500000 1:200000	III	35 ± 3
1:200000 1:50000	IV	17 ± 1
1:50000	V	$8\pm 0,5$
1:50000	VI	$4\pm 0,25$
1:50000	VII	$2\pm 0,12$

Для підтвердження прогнозних результатів та можливостей оперативної обробки великомасштабних геофізичних карт наступним етапом досліджувалася картографічна інформація відносно геофізичних полів (зокрема гравіметрії V_{zz}) у масштабі 1:50000. Коефіцієнти прояву розломів при підрахунку щільності індикаторів обрані згідно з проявом у рельєфі, наведеним на рис. 3.5, що узгоджуються із загальними коефіцієнтами прояву відповідно до інших ознак. На рис. 3.14 подані картосхеми щільності індикаторів розломів з азимутом простягання 45° у масштабах від 1:500000 до 1:50000 в районі м. Марганця.

При співставленні результуючих карт, що отримані після обробки створеною програмою картографічної інформації відносно систем розломів чи карт з індикаторами розломів виділеними програмою кафедри геофізичних

методів розвідки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» після обробки картографічної інформації стосовно геофізичних полів зроблений висновок, що результати збігаються на 91 %. Таким чином, доведена ефективність використання програми при наявності різних вихідних даних.



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому) 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища; 5 – вісь розлому; 6 – ділянка досліджень.

Рисунок 3.14 – Картохема щільності індикаторів розломів з азимутом простягання 45° в районі м. Марганця, отримані в результаті обробки картографічної інформації відносно: а – розломно-блокової будови М 1:500000; б – розломно-блокової будови М 1:200000; в – розломно-блокової будови М 1:50000; г – розподілу гравітаційного поля V_{zz} М 1:50000; д – схема розташування розломів I – VII рангів за класифікацією [129]

У ході досліджень побудовано та проаналізовано близько 200 модифікацій картосхем на основі обробки картографічної інформації відносно розломно-блокової будови 6 найбільш техногенно-навантажених ділянок правобережної частини Дніпропетровської області у масштабах 1:500000, 1:200000, 1:50000 (184 фрагменти), 22 фрагменти картографічної інформації гравітаційного і магнітного полів у масштабах 1:500000, 1:200000, 1:50000 на 4 ділянках поблизу міст Дніпродзержинська та Марганця. Порівняльний аналіз інтенсивності прояву розломів на картосхемах, отриманих при обробці вихідної картографічної тектонічної та геофізичної інформації, наведений у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняльний аналіз прояву розломів у районі м. Марганця

Азимут простягання розлому	Вихідні дані			
	Кarti індикаторів розломів М 1:500000	Кarti індикаторів розломів М 1:200000	Кarti індикаторів розломів М 1:50000	Кarti гравітаційного поля М 1:50000
0°	Не проявляється	На півдні зона слабого та середнього проявів, наближена зона сильного прояву	Зона слабого прояву розлому, зона високого прояву розлому наближена до південного краю	Розлом перетинає сховище в центральній частині
17°	Зона слабого прояву на заході сховища	На півдні сховище перетинає зону слабого прояву розлому, а зона високого прояву наближена з півночі	Сховище знаходиться в зоні слабого прояву розлому, а зона середнього прояву наближена з півночі	На півдні сховище перетинає зона середнього прояву, в центрі зона слабого прояву
35°	На півдні сховища зона слабого прояву	Сховище знаходиться в зоні слабого та середнього проявів	Зона слабого та середнього проявів знаходиться вздовж північного краю сховища	Сховище знаходиться в зоні слабого прояву
45°	На півдні сховища зона середнього прояву	Сховище перетинає всі зони від слабого до високого прояву і розташоване перпендикулярно до ізоліній	Сховище перетинає три зони в двох місцях	Сховище знаходиться в зонах слабого та середнього проявів, що розташовані вздовж сховища
62°	На півночі зона слабого прояву розлому	Сховище перетинає всі три зони прояву розлому	Сховище знаходиться в зонах слабого та частково середнього проявів	Сховище знаходиться в зоні слабого прояву
77°	Сховище в зоні розлому другого рангу середнього прояву	Сховище перетинає зону слабого прояву розлому	Сховище знаходиться в зоні слабого прояву	Сховище знаходиться в зонах слабого та середнього проявів
270°	Близько до розлому 2 рангу на півдні сховища, зона слабого та середнього проявів	Зона слабого прояву	Зона слабого прояву	Зона слабого прояву на північному кордоні сховища

Продовження таблиці 3.5

Азимут простягання розлому	Вихідні дані			
	Карти індикаторів розломів М 1:500000	Карти індикаторів розломів М 1:200000	Карти індикаторів розломів М 1:500000	Карти гравітаційного поля М 1:50000
287°	Зона середнього та сильного проявів розлому	Сховище перетинає зони слабкого та середнього проявів розлому, та розташоване своєю північною частиною між зонами сильного прояву	У північній частині сховище перетинає зону слабкого та середнього проявів	У північній частині сховище перетинає зону середнього прояву
305°	Не проявляються	Сховище перетинає всі зони в північній частині	В північній частині сховище перетинає зону слабкого та середнього проявів	Сховище перетинає зону середнього прояву в північній частині, поблизу знаходиться зона високого прояву
315°	Не проявляються	Зона слабкого прояву	Зона слабкого прояву	Зона слабкого прояву
332°	Зона слабкого прояву	Зона слабкого прояву	Зона слабкого прояву	Вдвож сховища зони слабкого та середнього проявів
347°	Не проявляються	Зона слабкого прояву перетинає північну частину сховища	Сховище потрапляє у всі визначені зони	Сховище потрапляє в усі зони прояву розлому

Загалом у районі м. Марганця за результатами обробки вихідної картографічної інформації при укрупненні масштабу досліджень спостерігаються описані далі закономірності прояву розломів. Зона прояву розломів з азимутами простягання 62°, 305° при збільшенні масштабу розпалася на дві. Розломи, які не проявлялися у масштабі 1:200000, також не проявляються й надалі, лише по азимуту простягання 347° при укрупненні розлом більш проявлений. Зона підвищеної щільності індикаторів розломів з азимутом простягання 287°, що перетинала сховище на картосхемі у масштабі 1:200000 при деталізації, зсунулася та не є показовою для визначення шляхів зміни фізичних властивостей гірських порід. При переході з масштабу на масштаб з укрупненням досліджень інтенсивність прояву розломів збільшується, спостерігається звуження ширини зони інтенсивного прояву розлому, тобто з'являється можливість визначати розломи V, VI, VII та інших рангів при більш детальних дослідженнях у межах розломів I і II рангів, визначених попередниками.

Аналізуючи картосхеми у масштабі 1:50000 в районі сховища відходів Марганецького гірничо-збагачувального комбінату (м. Марганець), зробимо висновок, що найбільш потенційний напрямок зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів (від північної частини) – південно-східний у напрямку малих населених пунктів. Результати обробки картографічної інформації відносно гравітаційного поля та індикаторів розломів показали, що для прискорення процесу обробки інформації та прийняття рішень для задач екологічного моніторингу можна використовувати лише картографічну інформацію відносно геофізичних полів (особливо гравітаційного) разом з гідрогеологічною.

Ділянка поблизу міста Марганця на карті масштабу 1:500000 не є зоною підвищеної щільності індикаторів, тому тут результати дали нам нову інформацію. Окрім того, при укрупненні масштабу визначилися зони підвищеної щільності індикаторів розломів, зони перетинання розломів з близькими азимутами простягання, що необхідно брати до уваги при прогнозуванні змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів і прийнятті управлінських рішень. Важливим, на думку автора, є закономірності просторового розташування зон підвищеної щільності індикаторів: при укрупненні масштабу з 1:500000 до 1:200000 розломи другого рангу проявляються інтенсивніше чи зберігають зону свого прояву в межах 63 – 72 %, розломи третього рангу у масштабі 1:200000 проявляються слабо, а при укрупненні – інтенсивніше в 50 – 58 % зон [27].

Створена методика надає можливість прогнозувати потенційний напрямок, ширину зони зміни фізичних властивостей водоносних горизонтів, комплексувати цю інформацію з гідрогеологічними даними і визначати потенційні зони зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів. Дані результати потребують уточнення комплексом геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу для прийняття управлінських рішень відносно зменшення цих змін.

ВИСНОВКИ ДО 3-ГО РОЗДІЛУ

1. Для проведення геоекологічного районування території за потенційними напрямками зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів на основі теорії нечітких множин запропонований математичний апарат обробки різномасштабної картографічної інформації магніто- і гравіметрії з додаванням інформації відносно геологічної будови і геоморфології Українського щита.

2. Для прискорення та автоматизування процесу обробки геолого-геофізичних даних відносно техногенно-навантажених територій створена авторська програма, що дозволяє як вихідні дані використовувати картографічну інформацію відносно систем розломів чи лише геофізичних полів.

3. Розроблений алгоритм прогнозування об'ємної анізотропії змін геологічного середовища на основі комплексування геолого-геофізичної, гідродинамічної та тектонічної інформацій у системі екологічного моніторингу, в результаті застосування якого проведений просторовий аналіз геолого-геофізичних індикаторів розломів Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ у масштабах 1:1000000 – 1:50000 (на прикладі району м. Марганця).

4. Для оперативного геоекологічного картування техногенно-навантажених територій встановлені числові співвідношення «ваги» геофізичних методів при деталізації та уточненні систем розломів на основі обробки картографічної геолого-геофізичної інформації (зокрема «вага» даних гравіметрії – 70 – 80 %, магнітометрії – від 22 до 25 %) у системі екологічного моніторингу геологічного середовища.

5. Для оперативного детального прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів визначені закономірності зміни прояву зон підвищеної щільності індикаторів розломів усіх азимутів простягання при укрупненні до 10 разів масштабу геолого-геофізичних досліджень. Це дозволяє обґрунтовано обирати ділянки геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу геологічного середовища.

Основні результати наведені в роботах [8, 9, 12, 15, 20, 23, 26, 27, 136, 137].

РОЗДІЛ 4. КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

4.1 Результати обробки середньомасштабної картографічної інформації відносно розподілу геофізичних полів та розломно-блокової будови Середньо- Придніпровського мегаблоку УЩ

Для прогнозування потенційних напрямків змін фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів від промислових об'єктів (особливо сховищ відходів) за наведеним у підрозділі 3.2 алгоритмом проведена обробка геолого-геофізичної інформації відносно розломно-блокової будови та створені комплекти картосхем щільності індикаторів розломів усіх напрямків для шести найбільш техногенно-навантажених ділянок Промислового Придніпров'я поблизу таких міст: Дніпродзержинська (відходи U), Кривого Рогу (Fe), Орджонікідзе (Mn), Вільногірська (U), Жовтих Вод (Ti, Zr) та Марганцю (Mn).

1. Район міст Жовтих Вод та Кривого Рогу

Результати обробки картографічної інформації відносно розломно-блокової будови з урахуванням аномалій гравітаційного і магнітного полів, геологічної будови Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ та рельєфу денної поверхні масштабу 1:200000 території, наближеної до Кривого Рогу і Жовтих Вод, уточнюють напрямки, виявлені більш дрібними картами. Більшість об'єктів Кривого Рогу розташована в зоні підвищеної щільності індикаторів розломів, що збігається з Криворізько-Кременчуцьким розломом, з формуванням якого тут і пов'язують значний розвиток видобувної діяльності. Потрапляння розчинів, наприклад підвищеної мінералізації, у водоносний горизонт призведе до того, що вони поширяться вздовж найбільш проявлених розломів у зоні розташування сховищ (17° , 35° , 62° , 287° , 315°) та на глибину геологічного розрізу (рис. 4.1, а). Відповідно до результатів, отриманих у районі Жовтих Вод, видно, що саме сховища відходів наближені до зони найбільшої щільності індикаторів розломів, яка простягається у південно-

східному напрямку. Ця зона сформована в результаті перетину Кам'янець-Подільсько-Новомосковського, Криворізько-Кременчуцького, Миколаївсько-Верхньодніпровського, Житомирсько-Нікопольського, Вознесенсько-Петриківського, Кременчуцько-Ордженікідзевського, Одесько-П'ятихатського та Полісько-Мелітопольського розломів з [129] (рис. 4.1, а).

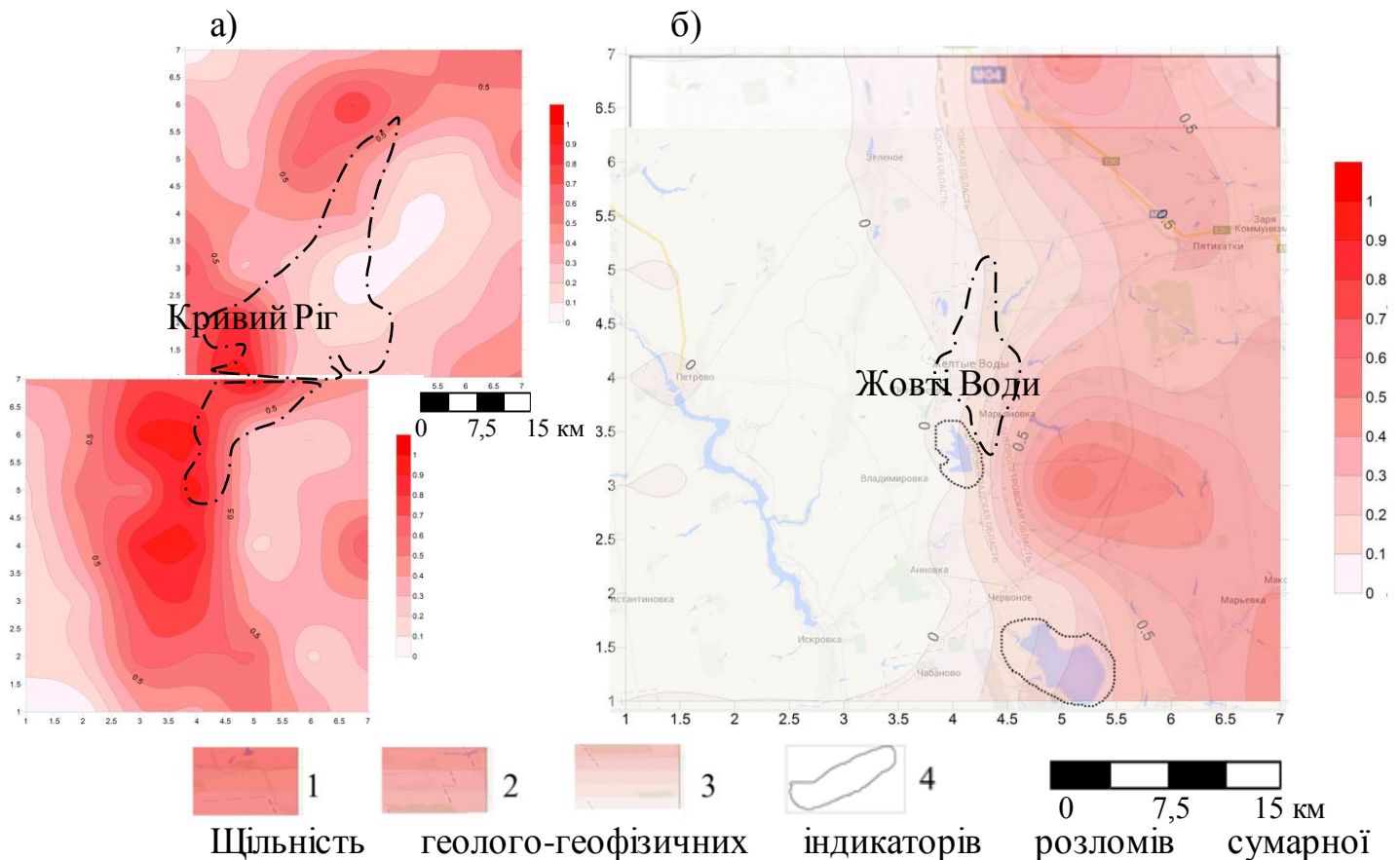
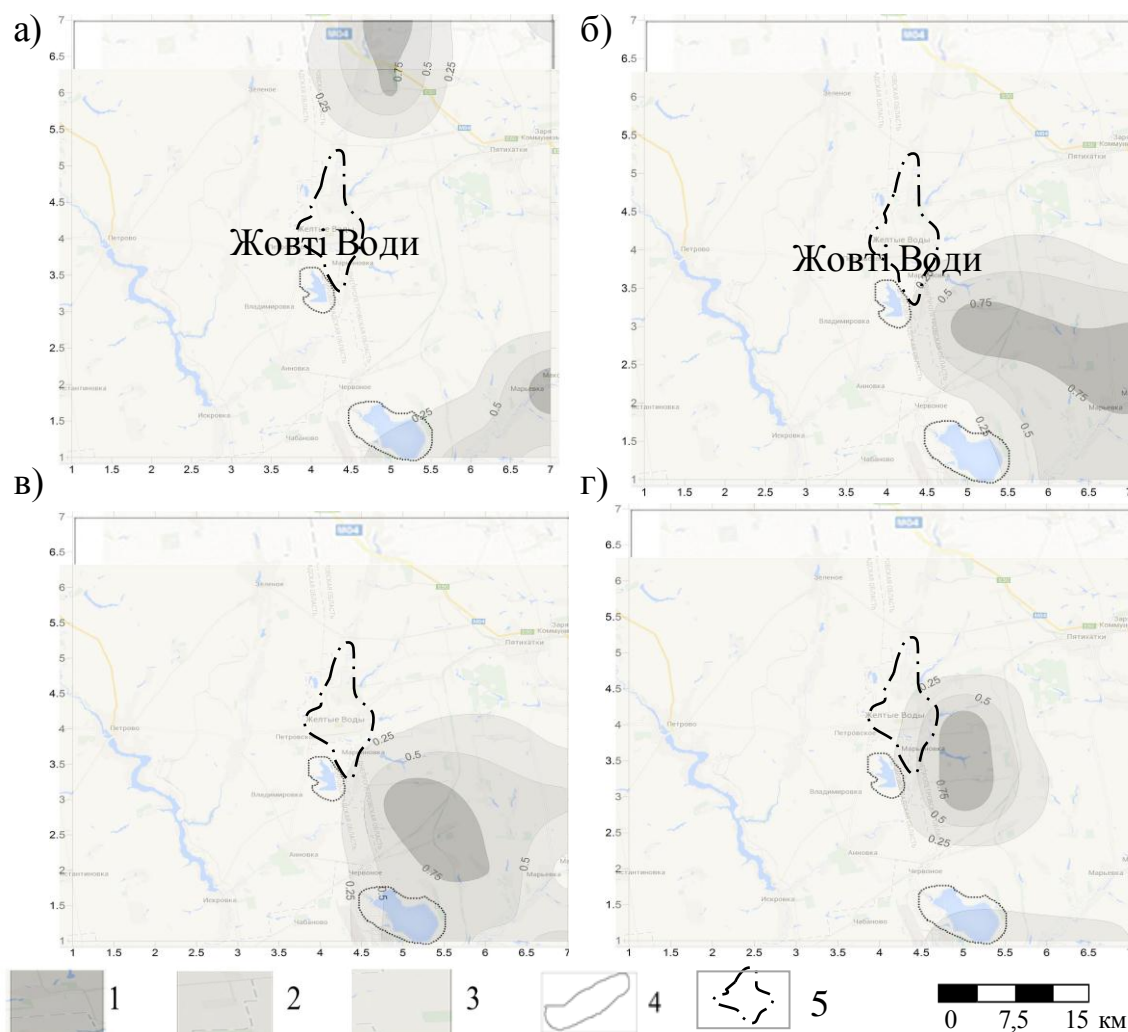


Рисунок 4.1 – Картосхема щільності індикаторів розломів масштабу 1:200000 у районі: а – м. Кривого Рогу; б – м. Жовтих Вод

Найбільш проявленими на цій території поблизу сховищ є розломи з азимутами простягання 77° , 305° , 315° , 332° , що з урахуванням напрямків розповсюдження водоносних горизонтів визначає потенційні напрямки зміни їх фізичних властивостей від сховищ: південний у нижчі водоносні горизонти та в бік Кривого Рогу (рис. 4.2).



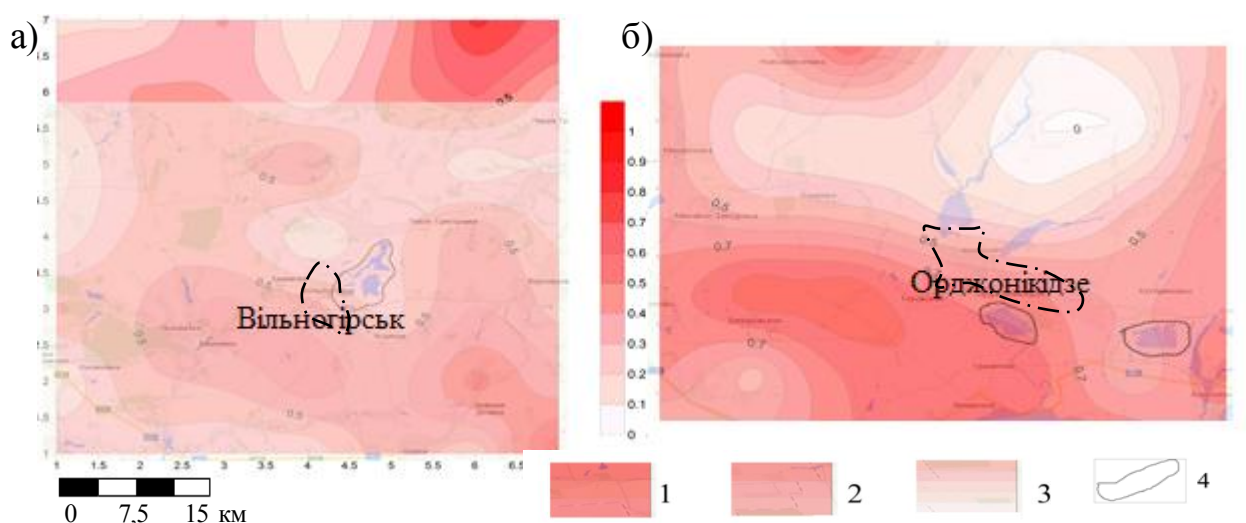
Щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому) 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів; 5 – м. Жовті Води

Рисунок 4.2 – Картохема щільності індикаторів розломів в районі м. Жовтих Вод у масштабі 1:200000 з азимутами простягання: а – 77° ; б – 305° ; в – 315° ; г – 332°

Наближення до сховищ зони інтенсивного прояву розломів з азимутами простягання 305° , 315° , 332° (рис. 4.2, б, в) визначає потенційний напрямок змін фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів, ці розломи перетинаються розломом з азимутом простягання 77° (рис. 4.2, а), що призведе до зміни потенційного напрямку.

2. Район міст Вільногірська та Орджонікідзе. Картохема щільності індикаторів розломів у масштабі 1: 500000 (рис. 4.3) відображала зони

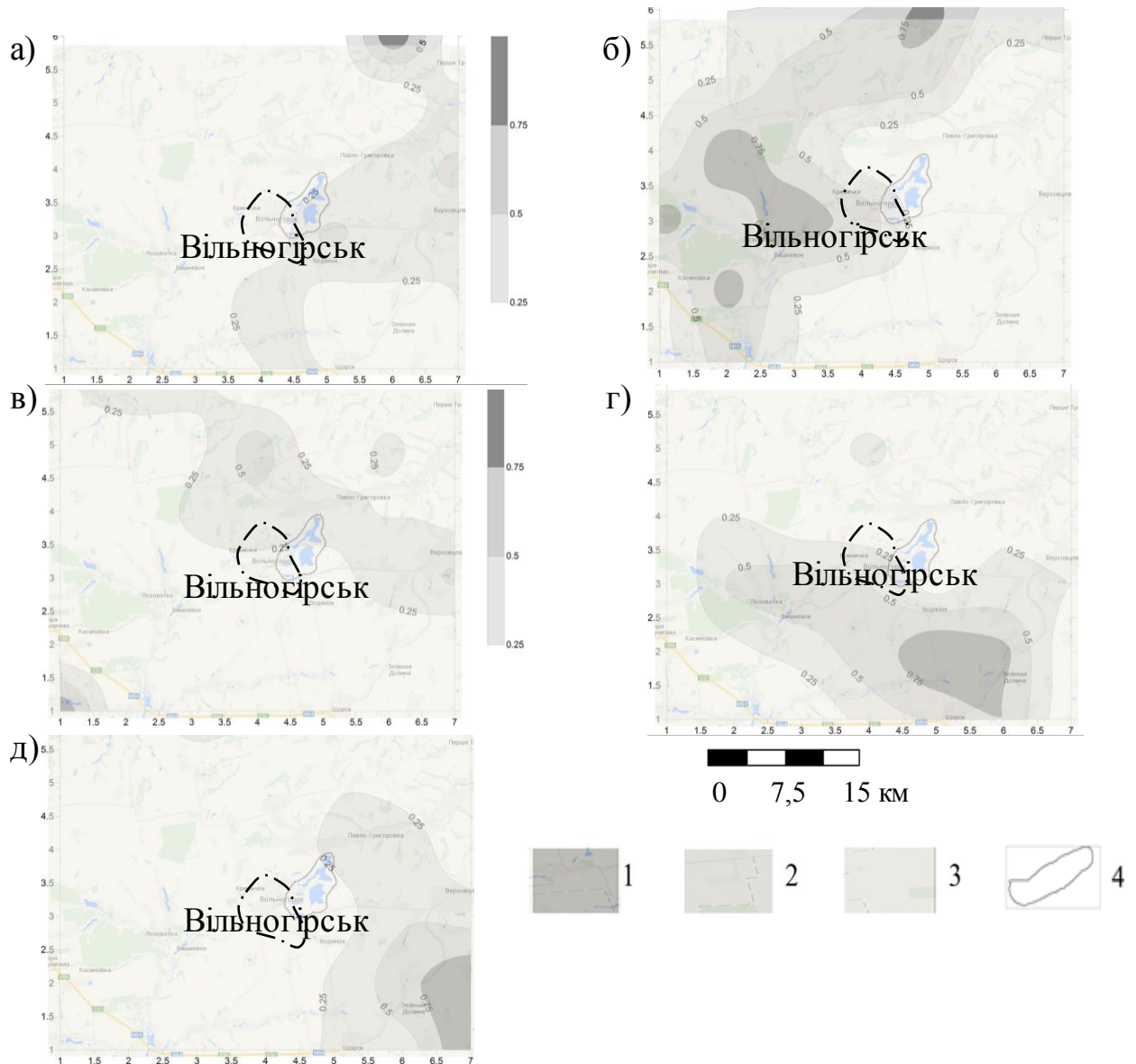
підвищеної проникності та потенційної зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів на глибину геологічного розрізу на території навколо Вільногірська та Орджонікідзе, де розташовані сховища з відходами. Однак у більш великому масштабі ці зони окільцюють існуючі сховища, а ділянки найбільшого прояву розломів декількох азимутів розташовані на північному та південному сході картосхеми району м. Вільногірська (рис. 4.3, а) та південному заході картосхеми району м. Орджонікідзе (рис. 4.3, б), отже напрямок зміни фізичних властивостей водоносних горизонтів уздовж проявлених розломів буде пріоритетним.



Щільність індикаторів розломів сумарної картосхеми (напрямок зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів) 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямоване по латералі); 3 – менше 0,5 (по латералі); 4 – сховище відходів

Рис. 4.3 – Картосхема щільності індикаторів розломів у масштабі 1:200000 у районі: а – м. Вільногірська; б – м. Орджонікідзе

Найбільша зміна фізичних властивостей гірських порід під дією сховищ відходів поблизу м. Вільногірська контролюється розломами з азимутами простягання 17° , 45° , 287° , 305° , 347° . Розломи з азимутами простягання 45° , 305° , 347° найбільш проявлені поблизу сховища (рис. 4.4, б, г, д).

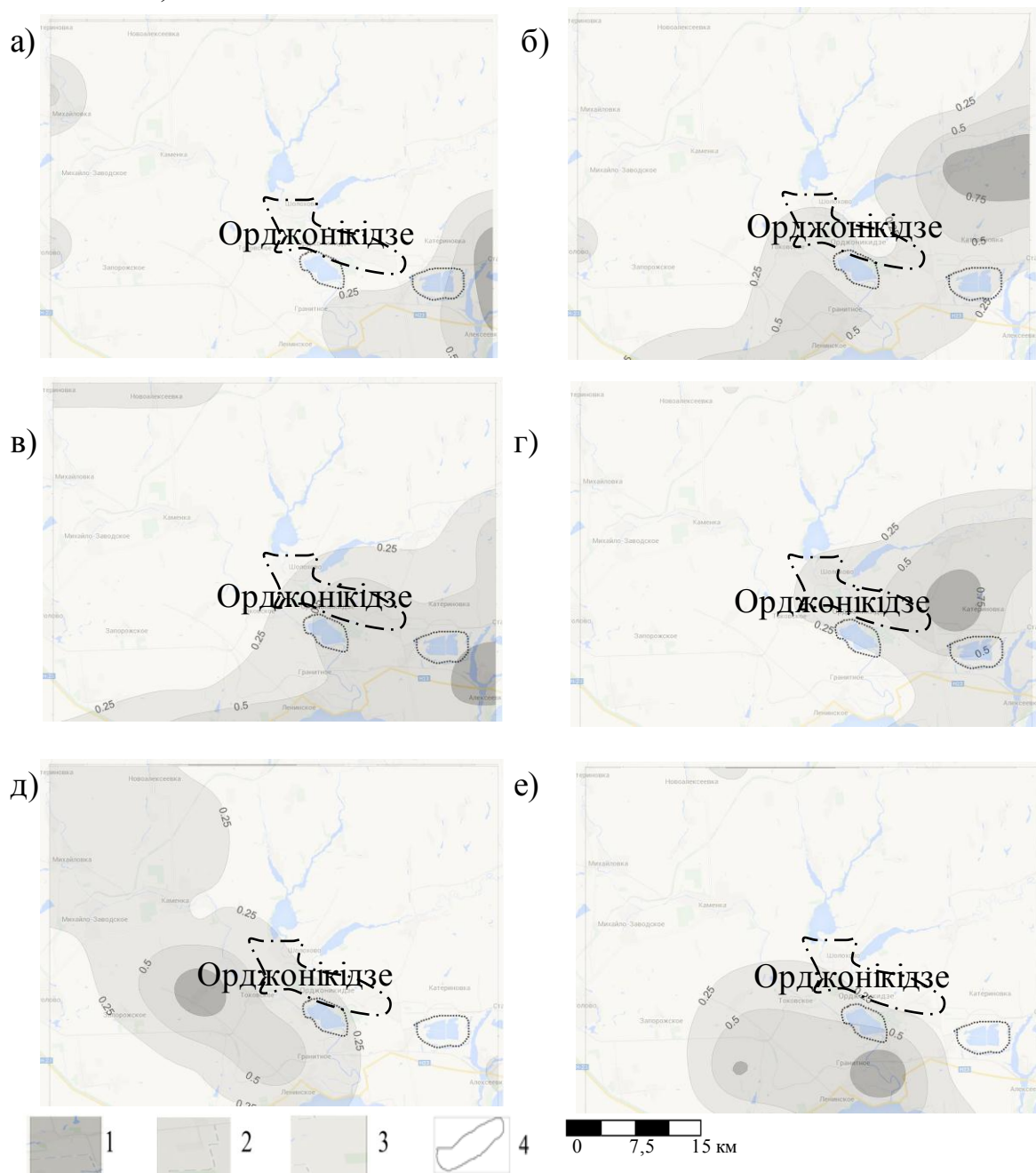


Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому) 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.4 – Картосхеми щільності індикаторів прояву розломів у масштабі 1:200000 поблизу м. Вільногірська з азимутами простягання: а – 17° ; б – 45° ; в – 287° ; г – 305° ; д – 347°

На території розташування сховищ відходів поблизу м. Орджонікідзе найбільш проявленими і впливаючими на зміну фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів є розломи з азимутами простягання 35° , 45° , 62° , 77° , 305° , 332° (рис. 4.5). Для визначення потенційних зон зміни геологічного середовища навколо сховищ, прийняття управлінських рішень

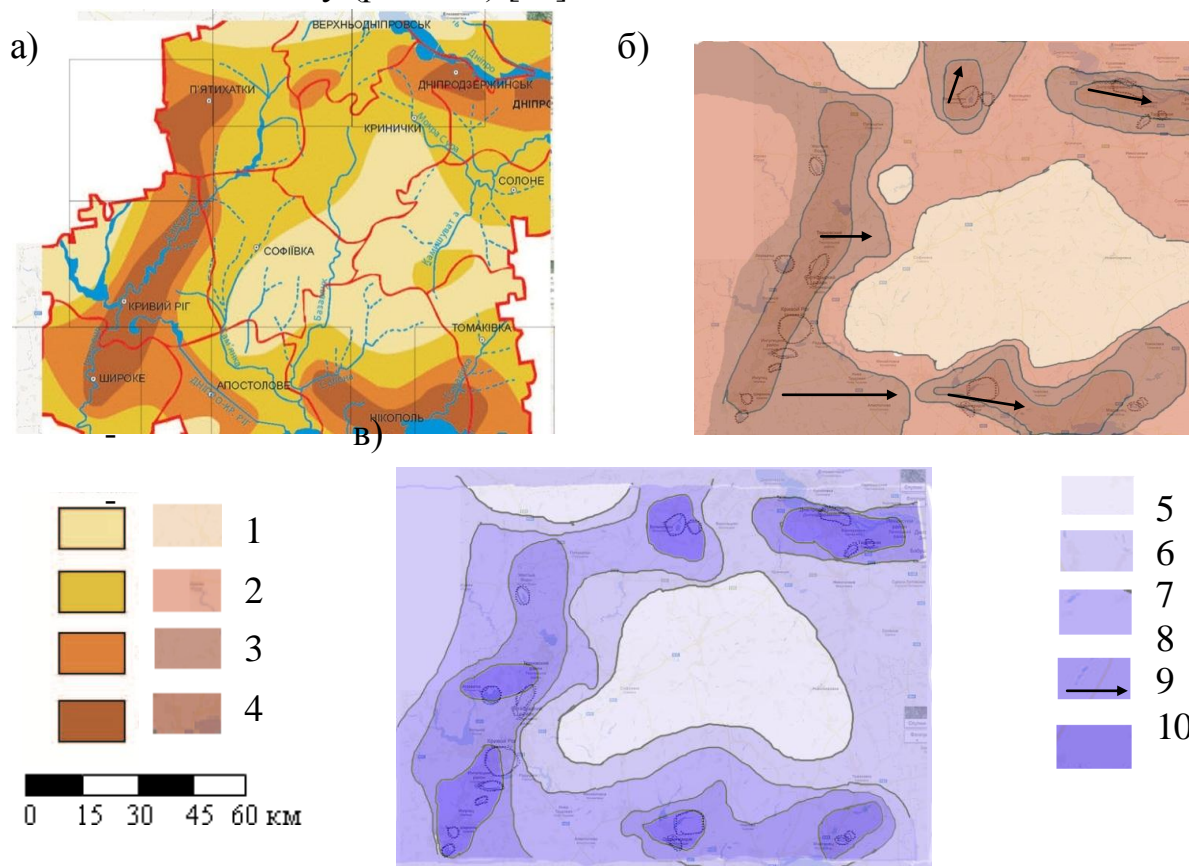
відносно зниження подальших змін необхідні уточнюючі дані відносно гідродинамічних особливостей території (напрямку, швидкості водоносних горизонтів та ін.).



Щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому) 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.5 – Картоосхеми щільності геолого-геофізичних індикаторів розломів масштабу 1:200000 поблизу м. Орджонікідзе з азимутами простягання: а – 35°; б – 45°; в – 62°; г – 77°; д – 305°; е – 332°

Обробка геолого-геофізичної інформації у масштабі 1:200000 є підставою визначення напрямків зміни фізичних властивостей і складу водоносних горизонтів ВЧР та прогнозування зміни геоecологічного стану території Промислового Придніпров'я, що дозволяє уточнювати сучасні карти Екологічного атласу (рис. 4.6) [57].



Екологічний стан: 1 – задовільний; 2 – припустимий; 3 – напружений; 4 – надзвичайно напружений; показник потенційної зміни фізичних властивостей водоносного горизонту: 5 – низький; 6 – середній; 7 – підвищений; 8 – високий; 9 – дуже високий; 10 – напрямки потенційної зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів за геолого-геофізичними даними

Рисунок 4.6 – Екологічна карта: а – Екологічного атласу Дніпропетровської області 2009 р [57]; б – уточнена; в – прогнозна карта забруднення водоносного горизонту аIII – IV (в)

Варіант нанесення на прогнозну карту напрямків зміни геологічного середовища, розрахованих за наведеним алгоритмом, наведений далі (рис. 4.6, б). На наступному рис. 4.6, а зображена екологічна карта частини

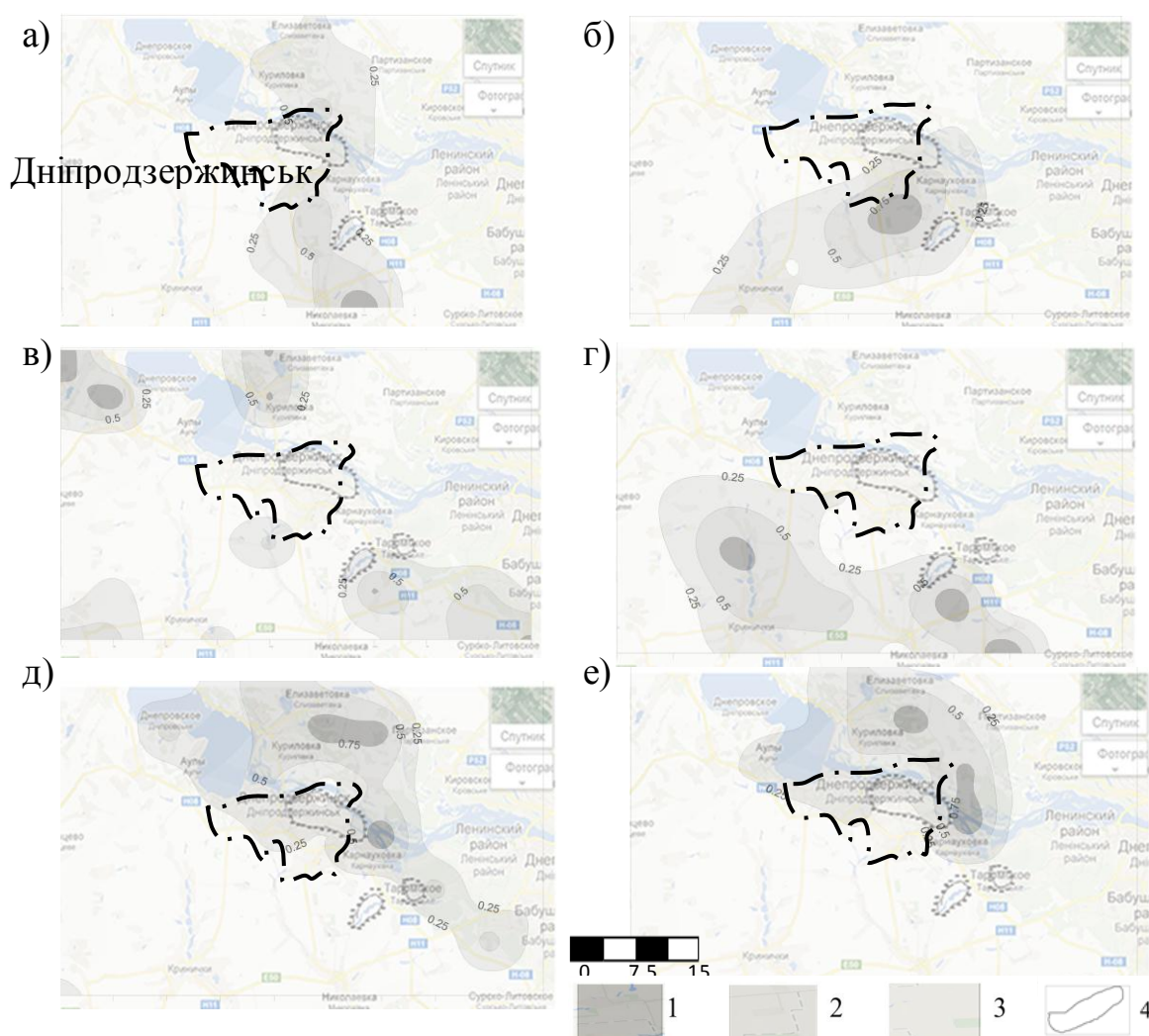
Дніпропетровської області, що була уточнена отриманими більш детальними результатами обробки геолого-геофізичної інформації з урахуванням розломно-блокової будови та гідродинамічних умов. Ця інформація потребує подальшого дослідження для прогнозування змін геологічного середовища під дією існуючих сховищ відходів, прийняття та супроводження рішень відносно зниження цих змін при подальшій промисловій діяльності та при визначенні ділянок будівництва нових сховищ промислових відходів.

4.2. Геолого-геофізичне районування території у системі комплексного екологічного моніторингу на прикладі території поблизу м. Дніпродзержинська

Геолого-геофізичне районування для проведення досліджень у системі екологічного моніторингу проілюструємо на прикладі території поблизу м. Дніпродзержинськ, де історично склалося велике техногенне навантаження за рахунок значної кількості сховищ промислових (у т. ч. радіоактивних) відходів. Вибір даної ділянки детально обґрунтований у розділах 1 і 2. Геолого-геофізичне районування території є важливим етапом проведення раціонального комплексу геофізичних робіт для визначення ділянок, які характеризуються єдиним рівнем економічної освоєності та спільністю геолого-геофізичних особливостей, що визначають геоекологічні завдання, комплекс геофізичних методів, використовуваних для їх вирішення, і методику робіт. Кожен район описується певним типом узагальненої фізико-геологічної моделі.

Важливими природними факторами при проведенні районування є особливості тектонічної (розломно-блокової) будови території [15, 21]. Для районування використаємо детально описаний у підрозділі 3.2 алгоритм обробки геолого-геофізичної інформації з урахуванням розломно-блокової будови. У ході дослідження оброблені гравімагнітні дані масштабів 1:1000000 – 1:50000, а також картографічна інформація відносно розломно-блокової будови цієї території. Аналіз отриманих картосхем щільності індикаторів розломів у масштабі 1:200000 дозволяє виділити зони підвищених значень щільності, з

яких одна охоплює правий берег р. Дніпро, друга – простягається з північного заходу в бік м. Дніпропетровська. Значення щільності індикаторів розломів у цій зоні перевищують середні відповідно до ділянки досліджень у 3 рази. (рис. 4.8, а) Ці зони контролюються розломами: Кам'янець-Подільсько-Новомосковським, Чортотликсько-Дніпродзержинським, Пердансько-Дніпродзержинським, Петриківсько-Запорізьким, Дніпродзержинсько-Сорокинським.



Щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому): 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.7 – Картосхеми щільності геолого-геофізичних індикаторів розломів у масштабі 1:200000 в районі м. Дніпродзержинська: а – 0°; б – 45°; в – 77°; г – 287°; д – 305°; е – 315°

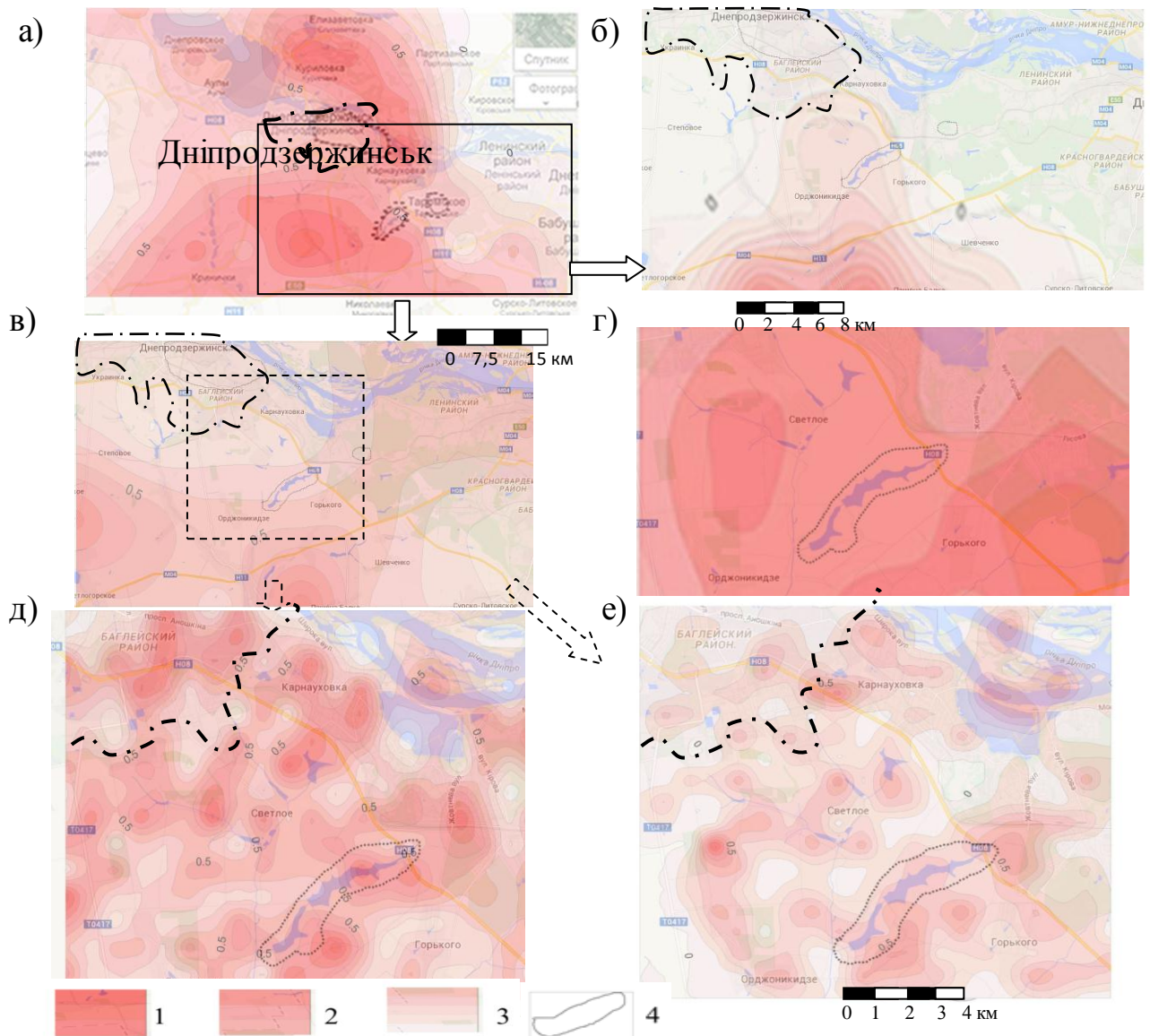
Азимути простягання активних розломів, що можуть впливати на напрямки зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів: 0° , 45° , 62° , 77° , 287° , 305° , 315° (рис. 4.7). Отже пріоритетні напрямки від сх. «Сухачівське» спочатку по розлому з азимутом простягання 45° (рис. 4.7, б), частково – 77° і 287° (рис. 4.7, г, д). В подальшому зона з аномальними фізичними властивостями порід пошириться з розлому з азимутом 45° до розломів з азимутами простягання 305° , 315° (рис. 4.7, е, ж).

Необхідним етапом використання пропонованої методики є обробка результатів безпосередньо геофізичних досліджень для оперативного прогнозування зміни геологічного середовища навколо сховищ відходів. Для ілюстрації обробки обрана картографічна інформація відносно розподілу магнітного поля та другої похідної V_{zz} гравітаційного потенціалу в масштабі 1:200000 в районі м. Дніпродзержинська.

За допомогою розробленої на кафедрі геофізичних методів розвідки програми отримана картографічна інформація відносно розподілу лінеаментів з різними азимутами простягання, яка використана як вихідна для розрахунку щільності індикаторів розломів.

Відповідно до отриманих результатів побудовані картосхеми щільності індикаторів розломів на цій території (близько 70 модифікацій). На картосхемі (рис. 4.8, а), що є результатом обробки картографічної інформації відносно систем розломів у масштабі 1:200000, зони підвищеної щільності індикаторів розломів зображені червоним кольором. Картосхема (рис. 4.8, б) отримана після обробки картографічної інформації відносно другої похідної гравітаційного потенціалу V_{zz} , повторює та уточнює зону, що знаходиться на півдні першої картосхеми. На картосхемі (рис. 4.8, в) в ході обробки за допомогою того самого алгоритму картографічної інформації магнітометрії виділяється зона підвищеної щільності індикаторів на півдні від м. Дніпродзержинська. Отримано достатньо близькі результати з картування зон підвищеної щільності індикаторів розломів, використавши пропоновану

методику і при наявності різних вихідних даних: картографічної інформації відносно систем розломів та геофізичних полів.



Щільність індикаторів розломів сумарної картосхеми (напрямок зміни фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів): 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.8 – Картосхема підвищеної щільності індикаторів та потенційної зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів поблизу м. Дніпродзержинська, отримані в результаті обробки картографічної інформації відносно: а – систем розломів М 1:200000; б – поля V_{zz} М 1:200000; в – магнітного поля М 1:200000; г – магнітного поля (1) М 1:50000; д – магнітного поля М 1:50000; е – гравітаційного поля V_{zz} М 1:50000

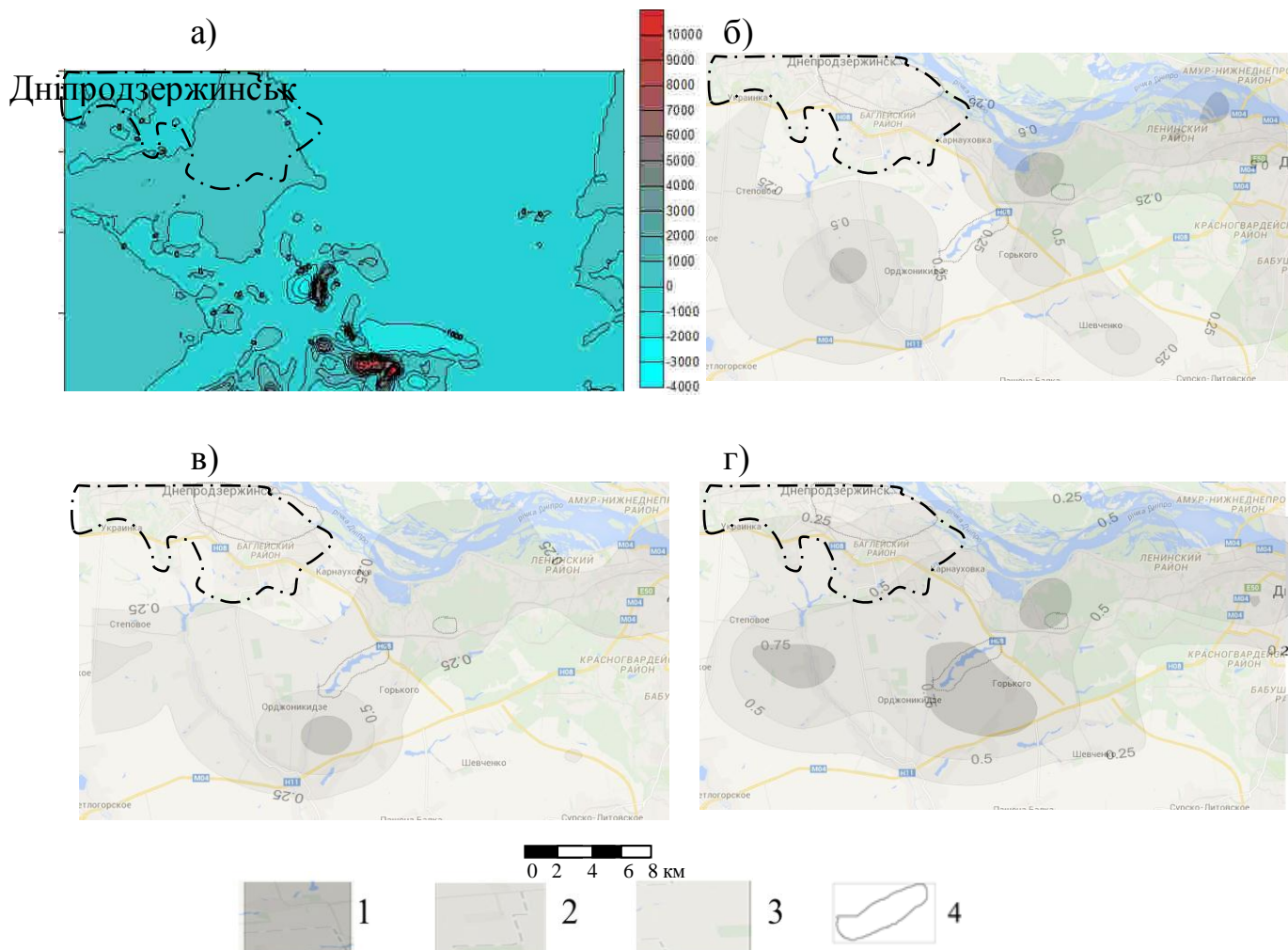
Деталізація і картування зон підвищеної щільності індикаторів розломів проведені в масштабі 1:50000. У зв'язку з тим, що швидко отримати вихідну картографічну інформацію такого масштабу відносно систем розломів не завжди можливо, для оперативного районування і прогнозування змін геологічного середовища використовуємо картографічну інформацію відносно розподілу геофізичних полів.

Прикладом використання геофізичної інформації є картосхема (рис. 4.8, г), побудована в результаті обробки картографічної інформації розподілу магнітного поля масштабу 1: 50000, аналіз якої уточнює розташування ділянок підвищеної щільності геолого-геофізичних індикаторів та потенційної зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів. На рис. 4.8, д і е наведені картосхеми щільності індикаторів розломів, отримані при обробці магнітного і гравітаційного V_{zz} полів у масштабі 1:50000, що корелюються на 74 – 80 %.

Для детального прогнозування змін фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів у геологічному середовищі необхідний аналіз прояву розломів у геолого-геофізичних ознаках за окремими напрямками. При обробці картографічної інформації розподілу магнітного поля масштабу 1:200000 добре виділяються розломи з азимутами простягання 45° , 77° , 287° (рис. 4.9).

Потенційні напрямки зміни геологічного середовища від сховища «С» підтверджують результати, проілюстровані на рис. 4.7, зокрема відносно розломів з азимутами простягання 45° , 77° , 287° (рис. 4.9, б, в, г). На картосхемах розломи з іншими азимутами простягання відображені та проявлені поблизу сховища не сильно відносно вищевказаних. Інтенсивність їх прояву і вплив на зміну фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів навколо сховищ промислових відходів (в т. ч. радіоактивних) потребує уточнення.

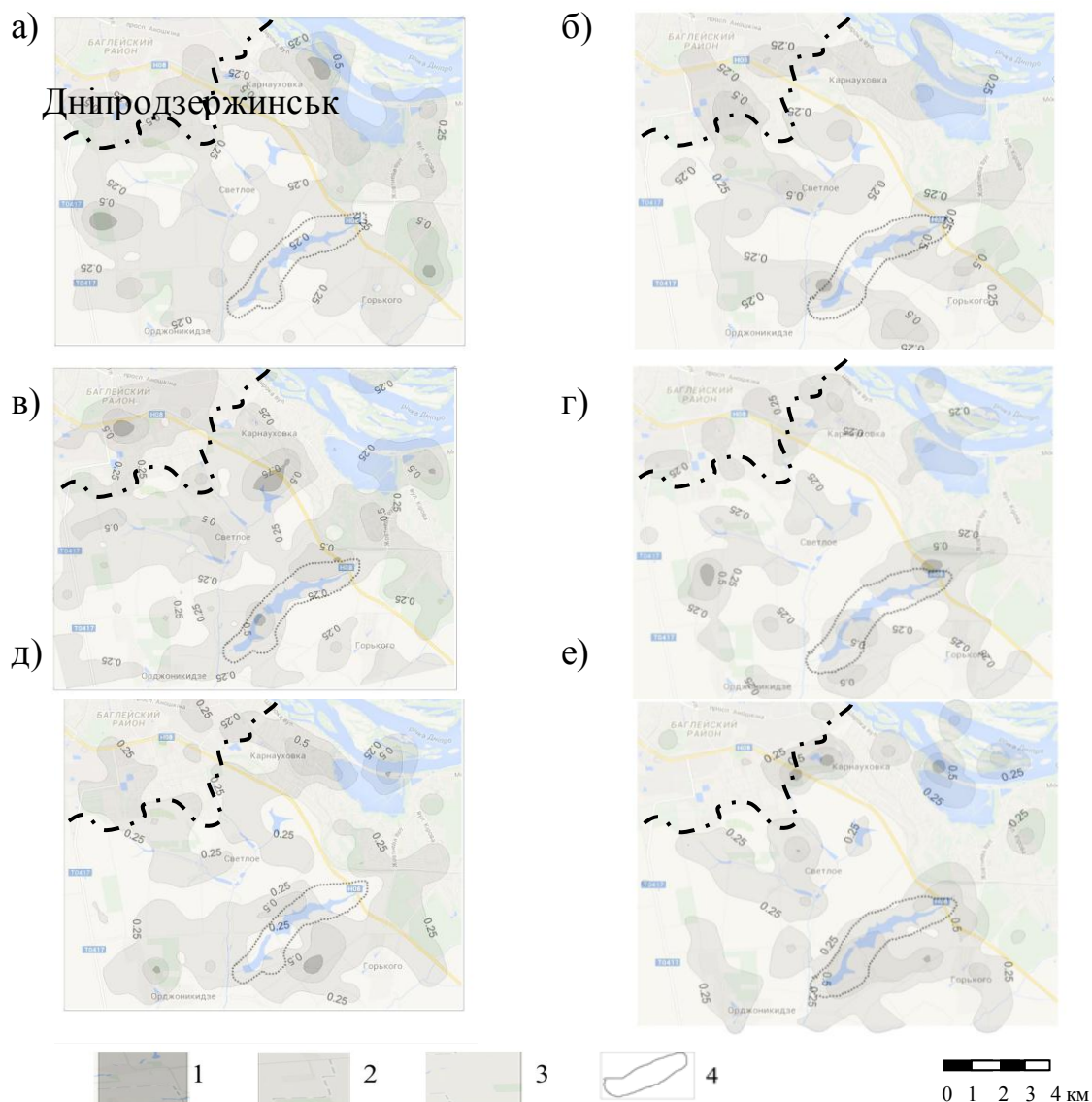
Аналіз більш детальних картосхем дозволить визначити найбільш активні ділянки потенційної зміни геологічного середовища. А використання та комп'ютерна обробка геофізичної інформації – прискорити цей процес.



Щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому): 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.9 – Картоосхеми щільності індикаторів розломів у масштабі 1:200000 в районі м. Дніпродзержинська при обробці картографічної інформації розподілу магнітного поля з азимутами простягання: а – вихідне поле; б – 45°; в – 77°; г – 287°

При обробці картографічної інформації розподілу магнітного поля масштабу 1:50000 найбільш проявленими поблизу сховища «Сухачівське» є розломи з азимутами простягання 45°, 62°, 77°, 287°, 305°, а при обробці картографічної інформації відносно розподілу гравітаційного поля того ж масштабу – з азимутами 45°, 77°, 287° (рис. 4.10, б, г, е).



Щільність індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому): 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів

Рисунок 4.10 – Картосхеми щільності індикаторів розломів у масштабі 1:50000 в районі м. Дніпродзержинська при обробці картографічної інформації магніто- і гравіметрії з азимутами простягання: а – 45°(магн); б – 45°(грав); в – 77°м; г – 77°г; д – 287°м; е – 287°г

У таблиці 4.1 наведено порівняльну характеристику прояву розломів на картосхемах, отриманих при обробці геолого-геофізичної картографічної інформації.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика прояву розломів при різномасштабних дослідженнях (район сховища «Сухачівське», м. Дніпродзержинськ)

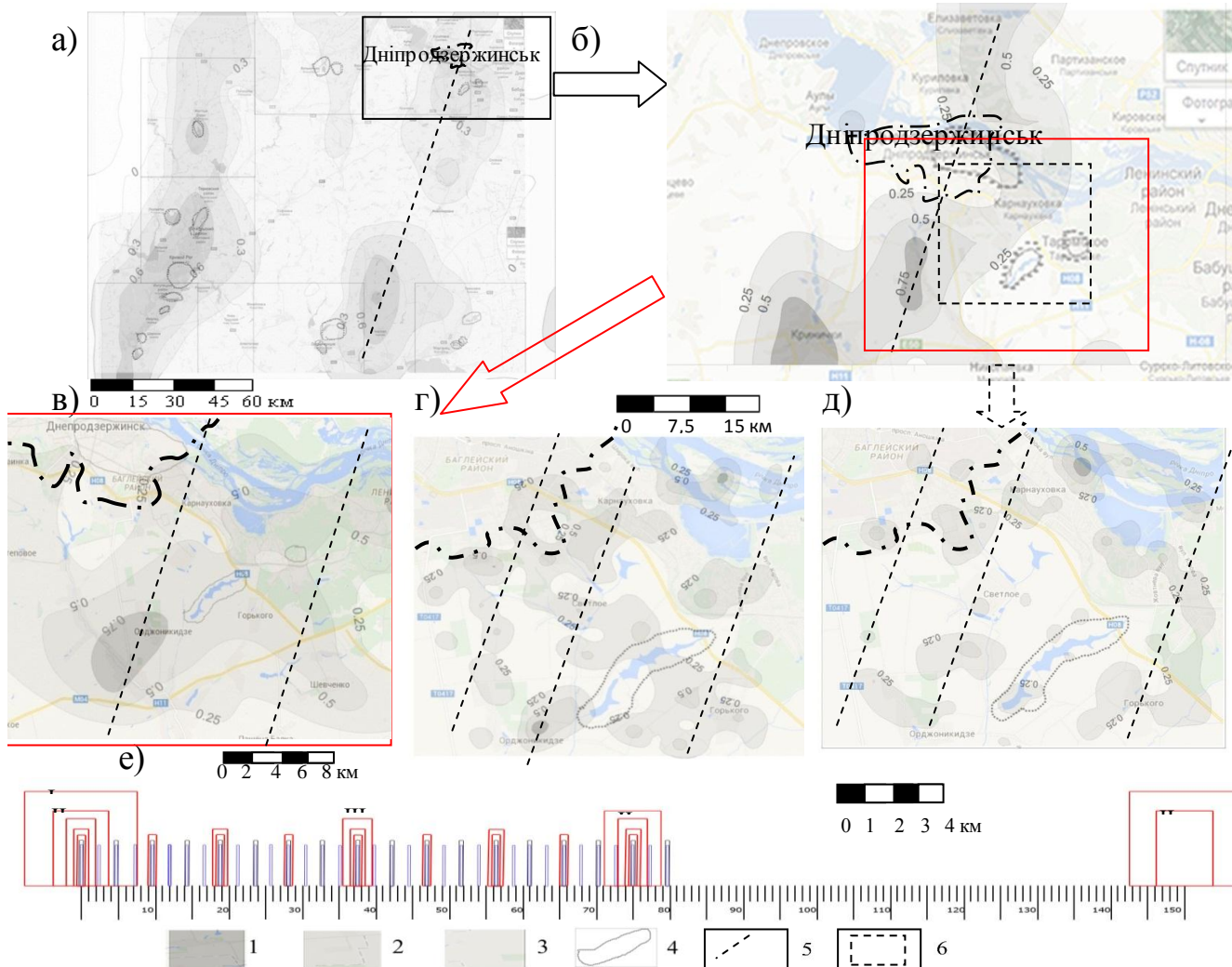
Азимут простягання розлому	Вихідні дані				
	Карти індикаторів розломів М 1:500000	Карти індикаторів розломів М 1:200000	Карти магнітного поля М 1:200000	Карти магнітного поля М 1:50000	Карти гравітаційного поля М 1:50000
0°	Не проявляється (сховище між розломами другого рангу)	На заході від сховища зона середнього прояву, на півдні – сильного	На заході від сховища зона сильного прояву (сховище знаходиться в зоні середнього прояву)	Не проявляється	Не проявляється
17°	Прояв слабкий	Не проявляється	Зона слабого та середнього проявів	Зона слабого та середнього проявів	На південному заході сильний прояв
35°	Прояв слабкий, (розлом розташований на південному сході від сховища)	Прояв слабкий (поряд зі сховищем)	Прояв слабкий у зоні розташування сховища	Не проявляється	Не проявляється (зона сильного прояву на північному сході)
45°	Прояв середній, розлом другого рангу (паралельно на південному сході)	Сховище в зоні середнього та слабого проявів (на північному заході зона сильного прояву)	Сховище в зоні слабого прояву (на заході та північному сході від сховища зона сильного прояву)	Сховище в зоні слабого прояву (на південному сході зона сильного прояву)	Всі зони прояву розлому пересікають сховище
62°	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Прояв слабкий
77°	Прояв середній (сховище між розломами II рангу)	Прояв слабкий у зоні сховища, (середній – на південь)	Прояв слабкий у зоні сховища (середній та сильний – на півдні від сховища)	Прояв слабкий та середній	Прояв слабкий та середній (частково)
270°	Прояв слабкий	На півдні від сховища прояв середній	Сховище в зоні слабого прояву розлому (на південь від сховища зона сильного прояву)	Прояв розлому слабкий та середній (окрім центру сховища)	Не проявляється (частково слабкий прояв розлому в зоні сховища)
287°	Прояв слабкий та середній	Сховище в зоні слабого та середнього проявів розлому	Сховище в зоні середнього прояву розлому (на південному сході зона сильного прояву)	В центрі сховища зона середнього прояву, на півдні – сильного	Сховище в зоні середнього прояву розлому
305°	Прояв слабкий та середній	На північному сході зона сильного прояву розлому	Сховище в зоні слабого прояву (на північному сході зона сильного прояву)	Сховище в зоні слабого та середнього проявів	Прояв слабкий
315°	Зона сильного прояву на південному заході сховища	На північному сході від сховища зона сильного прояву	Сховище розташовано в зоні слабого та середнього проявів (зона сильного прояву на північному сході від сховища)	В центрі сховища зона слабого прояву (на північному сході від сховища зона середнього прояву)	Прояв розлому слабкий (на південному заході сховища – середній)

Продовження таблиці 4.1

Азимут простягання розлому	Вихідні дані				
	Карти індикаторів розломів М 1:500000	Карти індикаторів розломів М 1:200000	Карти магнітного поля М 1:200000	Карти магнітного поля М 1:50000	Карти гравітаційного поля М 1:50000
332°	Середній прояв	Не проявляється	Прояв розлому середній у зоні розташування сховища (сильний на півдні від сховища)	Прояв розлому слабкий та середній в зоні розташування сховища (сильний на півдні від сховища)	Не проявляється (на півдні від сховища прояв розлому середній)
347°	Не проявляється (сховище між розломами другого рангу)	Сховище розташоване в зоні слабого прояву розлому (на півдні зона сильного прояву)	Сховище розташоване у зоні слабого та середнього проявів розлому (на південному заході зона сильного прояву)	Сховище розташоване в зоні слабого прояву розлому (на півдні зона сильного прояву)	Сховище розташоване між зонами слабого та середнього проявів розлому

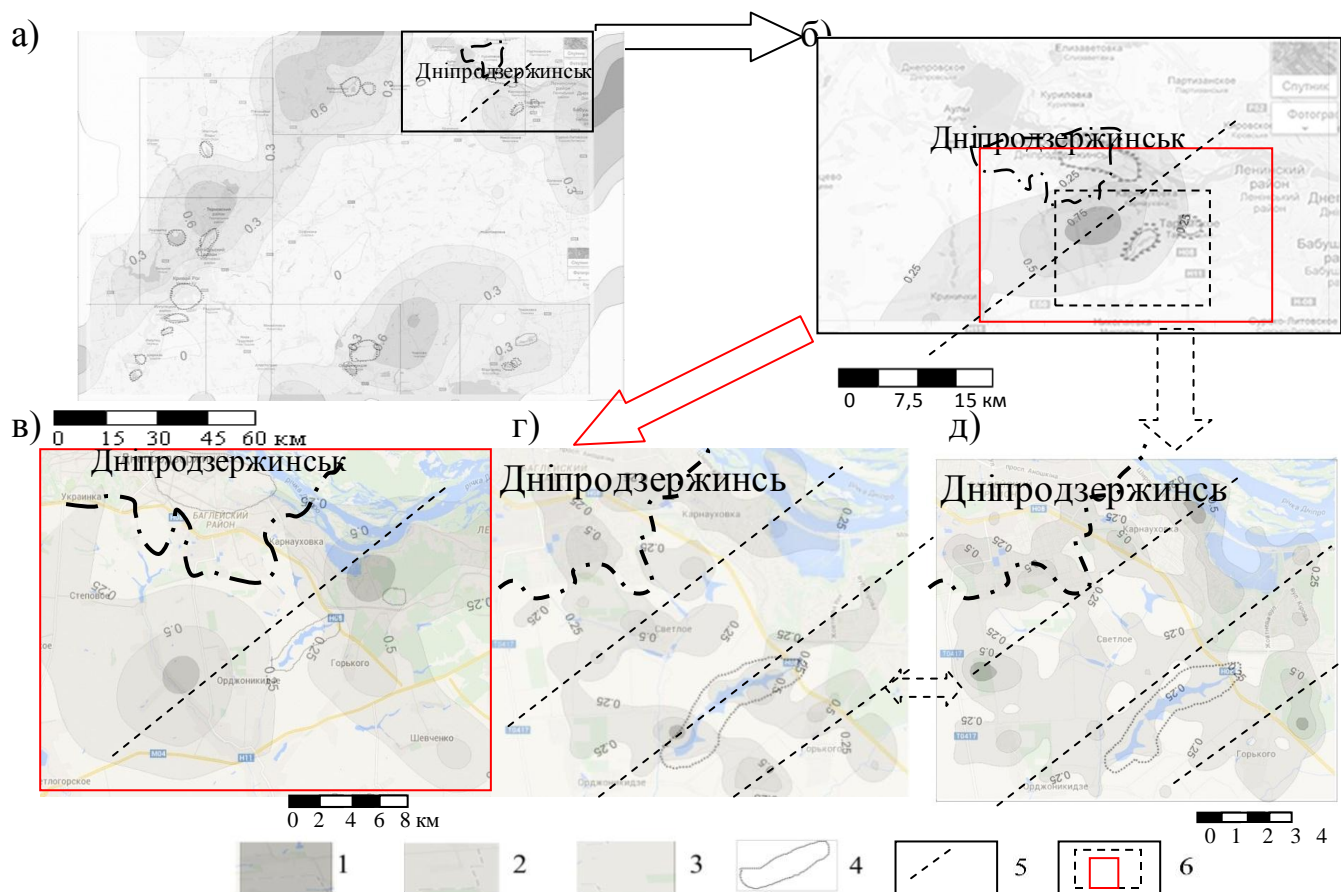
При проведенні регресійного аналізу даних інтенсивності прояву розломів на декількох ділянках встановлено, що на різномасштабних картах при укрупненні масштабу досліджень з 1:500000 до 1:200000 розломи другого рангу проявляються інтенсивніше чи зберігають зону свого прояву в межах 60 – 70 %, розломи третього рангу у масштабі 1:200000 проявляються слабо, а при укрупненні масштабу досліджень – інтенсивніше в 40 – 60 % випадках. Встановлені числові співвідношення «ваги» геофізичних методів (граві- та магнітометрії) при деталізації та уточненні систем розломів на основі обробки картографічної геолого-геофізичної інформації для геоекологічного картування в умовах Середньо-Придніпровського мегаблоку УЩ (зокрема «вага» даних гравіметрії – 70 – 80 %, магнітометрії – від 22 до 25 %). Дані, отримані в районі м. Марганця, відносно прояву розломів при укрупненні масштабу досліджень підтверджуються відповідними результатами з району м. Дніпродзержинська. Такі результати дозволяють використовувати, як вихідну, гравіметричну картографічну інформацію та як додаткову – магнітометричну при оперативному прогнозуванні напрямків зміни геологічного середовища у масштабі 1:50000 та крупніше у системі екологічного моніторингу.

На наступному рисунку наведені різномасштабні картосхеми прояву розлому другого рангу (азимут простягання 17°) в районі сх. «Сухачівське» (рис. 4.11). Результати зміни прояву розлому третього рангу наведені нижче та проілюстровані на прикладі розлому з азимутом простягання 45° (рис. 4.12).



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому): 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів; 5 – вісь розлому; 6 – ділянка деталізаційних досліджень

Рисунок 4.11 – Картосхема щільності індикаторів розломів з азимутом простягання 17° у районі м. Дніпродзержинська, отримані в результаті обробки картографічної інформації відносно: а – розломно-блокової будови М 1:500000; б – розломно-блокової будови М 1:200000; в – розподілу магнітного поля М 1:200000; г – розподілу гравітаційного поля V_{zz} М 1:50000; д – розподілу магнітного поля М 1:50000; е – схема розташування розломів I – VII рангів



Щільність геолого-геофізичних індикаторів розломів одного азимуту простягання (прояв розлому): 1 – 0,75 – 1 (сильний); 2 – 0,5 – 0,75 (середній); 3 – 0,25 – 0,5 (слабкий); 4 – сховища відходів; 5 – вісь розлому; 6 – ділянка деталізаційних досліджень

Рисунок 4.12 – Картохема щільності індикаторів розломів з азимутом простягання 45° у районі м. Дніпродзержинська, отримані в результаті обробки картографічної інформації щодо: а – розломно-блокової будови М 1:500000; б – розломно-блокової будови М 1:200000; в – розподілу магнітного поля М 1:200000; г – розподілу гравітаційного поля V_{zz} М 1:50000; д – розподілу магнітного поля М 1:50000; е – схема розташування розломів I – VII рангів за класифікацією [129]

На картохемах у масштабі 1:50000 виділяються зони прояву розломів VI та VII рангів у межах розломів II та III рангів, що підтверджують дані, отримані при дослідженні території поблизу м. Марганця (підрозд. 3.4). Це деталізує результати прогнозу напрямків негативної зміни геологічного середовища і дає можливість

зменшувати (оптимізувати) ділянки проектних геолого-геофізичних робіт в екологічному моніторингу територій, прилеглих до сховищ промислових відходів. В табл. 4.2 наведені результати розрахунку розмірів зони аномальних фізичних властивостей водоносних горизонтів за формулами (3.24) – (3.25).

Таблиця 4.2 – Геометрична характеристика змін фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів

Параметр	Назва сховища			
	Дніп- ровське	Сухачівське	Західне	Південно-Східне
Час експлуатації, р.	55	44	64	57
Аномальна мінералізація у лесовому горизонті, м	114	91,7	1495	1342
Неогеновий горизонт, м	931,48	745	12147	10900
З урахуванням сорбції у лесовому горизонті, м	45,6	50	598	539,2
З урахуванням сорбції у неогеновому горизонті, м	372,6	298	4858	4360

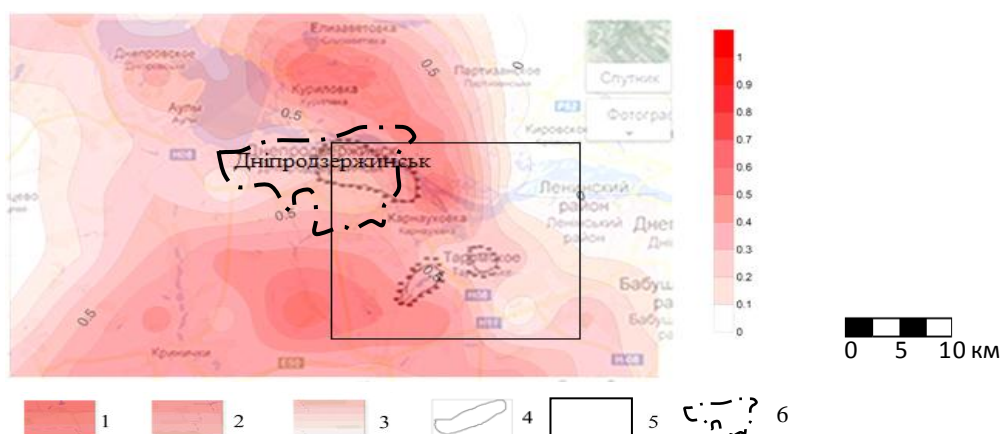
При врахуванні гідрогеологічних умов району досліджень установлена швидкість поширення зони змін фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів до 20 м/рік, що потребує оперативного проведення детальних геолого-геофізичних робіт у системі екологічного моніторингу, будівництва бар'єрів чи прийняття інших управлінських рішень стосовно зниження поширення змін фізичних властивостей геологічного середовища.

Геолого-геофізичне районування для проведення комплексних деталізаційних досліджень геоекологічного стану території як складової екологічного моніторингу базується на уточнюючих геофізичних зйомках картувальної спрямованості, що наведені в табл. 4.3 [6, 13]. Ділянка досліджень

подана на рис. 4.13. До комплексу геофізичних досліджень з метою уточнення розломно-блокової будови території (що може негативно вплинути на стан споруд і комунікацій, а також на проникність порід геологічного середовища, прискорити та спрямувати зміну фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів) включено граві-, магніто- та електророзвідку ВЕЗ у масштабах 1:25000 – 1:10000 (табл. 4.3). Профілі розташовуються вхрест очікуваного простягання розломів з прив'язкою за допомогою GPS-навігації.

Таблиця 4.3 – Пропонований комплекс геофізичних досліджень для вирішення регіональних геоекологічних завдань (картувальна спрямованість)

Вид зйомки (метод)	Масштаб	Основні вирішувані завдання
Гравірозвідка	1:10000 – 1:25 000	Картування розломно-блокової будови для уточнення результатів прогнозу зміни геологічного середовища
Магніторозвідка	1:10000 – 1:25 000	
Електророзвідка ВЕЗ	1:10000 - 1:25 000	Визначення будови ВЧР



Щільність індикаторів розломів сумарної картосхеми (напрямок змін фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів): 1 – 0,8 – 1 (переважно на глибину); 2 – 0,5 – 0,8 (спрямований по латералі); 3 – менше 0,5 (початковий по латералі); 4 – сховище відходів; 5 – ділянка деталізаційних досліджень; 6 – територія міста Дніпродзержинська

Рисунок 4.13 – Пропоновані ділянки проведення регіонального етапу геоекологічних моніторингових досліджень

4.3 Раціональні комплекси геофізичних методів деталізаційної спрямованості на основі фізико-геологічного моделювання сховищ промислових відходів

При обґрунтуванні раціонального комплексу геолого-геофізичних методів деталізаційної спрямованості в системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій важливим є фізико-геологічне моделювання об'єктів досліджень разом з районуванням території, зокрема всіх основних типів сховищ відходів, що наведені у підрозд. 2.1. Для ілюстрації обґрунтування геофізичних методів у системі екологічного моніторингу техногенним фактором-джерелом зміни геологічного середовища обране сховище «Сухачівське», яке належить до сховищ ярово-балкового типу. Детальне описання геометричних особливостей, умов розташування та шляхів зміни геологічного середовища навколо цього сховища наведено у підрозд. 2.2. Дослідження фізико-геологічних моделей (близько 50 модифікацій) проведено для двох стадій функціонування сховища.

На основі аналізу інформації попередніх геофізичних досліджень і результатів гірничо-бурових робіт (підрозд. 2.3) встановлені фізичні властивості, що найбільше змінюються під дією техногенних і природних факторів у районі сховища «Сухачівське», а саме: середні значення питомого електричного опору та поздовжньої швидкості хвилі в гірничих породах верхньої частини геологічного розрізу (табл. 4.4).

Значна зміна фізичних властивостей водоносного горизонту під впливом техногенного забруднення, зокрема питомого електричного опору та швидкості проходження поздовжніх хвиль, є підставою для дослідження ефективності методів електро- та сейсмометрії (у т. ч. при наявності свердловин – міжсвердловинне прозвучування). Серед модифікацій електрометрії одним із сучасних методів є електротомографія, а одним з найбільш використовуваних і дешевих – вертикальне електрондування.

Таблиця 4.4 – Середні властивості вміщувальних порід у районі сх. «Сухачівське»

Порода геологічного розрізу	Питомий електричний опір ρ , Ом*м	Швидкість поздовжньої хвилі V_p , м/с
Піски	400	500
Суглинки	30 – 120	700
Глини	15 – 60	1800
Вологонасичені піски	15 – 60	1800
Вологонасичені забруднені суглинки	20 – 70	1700
Забруднені вологонасичені піски	8 – 40	2000

4.3.1 Дослідження методом міжсвердловинного прозвучування

Проведення спеціальних геолого-геофізичних досліджень можливо не на всій території сховища і за його межами та залежить від мережі свердловин, придатних до використання [64, 69, 108]. Під час проведення сейсмозв'язувальних робіт для картування кордонів і фізичних властивостей ділянки підвищеної мінералізації використовуємо таку схему розташування джерел та приймачів сигналу (рис. 4.14).

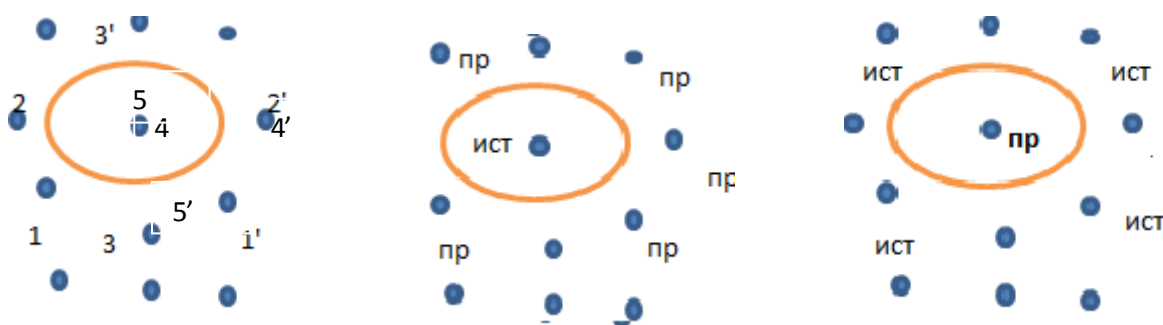


Рисунок 4.14 – Схема розташування джерел та приймачів сигналу в свердловинах поряд зі сховищем для міжсвердловинного прозвучування

Фізико-геологічне моделювання проведене для дослідження геологічного розрізу і зони підвищеної мінералізації за профілями 11', 22', 33', 44', 55' з використання програмного пакету Tesseral-2D. Найбільш ефективним визначене дослідження на імпульсному сигналі з частотою 200 Гц, з використанням електроіскрових випромінювачів типу «спаркер» з енергією 200 Дж, з симетричним перенесенням джерел і приймачів сигналів з кроком 1 м [8]. Прийняття коливань здійснюється 24-канальною станцією. Розташування джерел та приймачів у свердловинах у бік або вниз від сховища вздовж балки може проводитися для визначення підвищеної мінералізації в підземних водоносних горизонтах, а також властивостей порід ВЧР (пр. 11'). Інше розташування джерел і приймачів у свердловинах (модель вхрест сховища) показано на пр. 22 '. Профіль 33 ' розташований уздовж сховища і дозволяє зафіксувати як кордони сховища, так і межі ділянки підвищеної мінералізації, що поширюється вздовж балки з підземними водоносними горизонтами. Відстань між свердловинами в різних варіантах 30 – 60 м. Глибина розташування джерел і приймачів 30 м.

На рис. 4.15 зображені апріорні фізико-геологічні моделі та годографи проходящих хвиль (варіант профілю 22') у двох варіантах, коли сховище не впливає на вміщувальні породи (фонова модель) та діє негативно, змінюючи склад і властивості порід ВЧР і водоносного горизонту. Далі подані годографи проходящих хвиль в обох варіантах і розрахований ефект (різницевий годограф), значення часу якого в аномальній ділянці більше 0,01 с, що підтверджує ефективність використання даного методу для картування ореолу підвищеної мінералізації. Для контролю за іншим кордоном сховища необхідно поміняти місцями джерела і приймачі сигналів. На моделях добре відображається рівень водоносного горизонту на глибині 20 м. Додавання до моделі зони підвищеної мінералізації відображається на різницевому годографі значеннями 0,035 – 0,04 с.

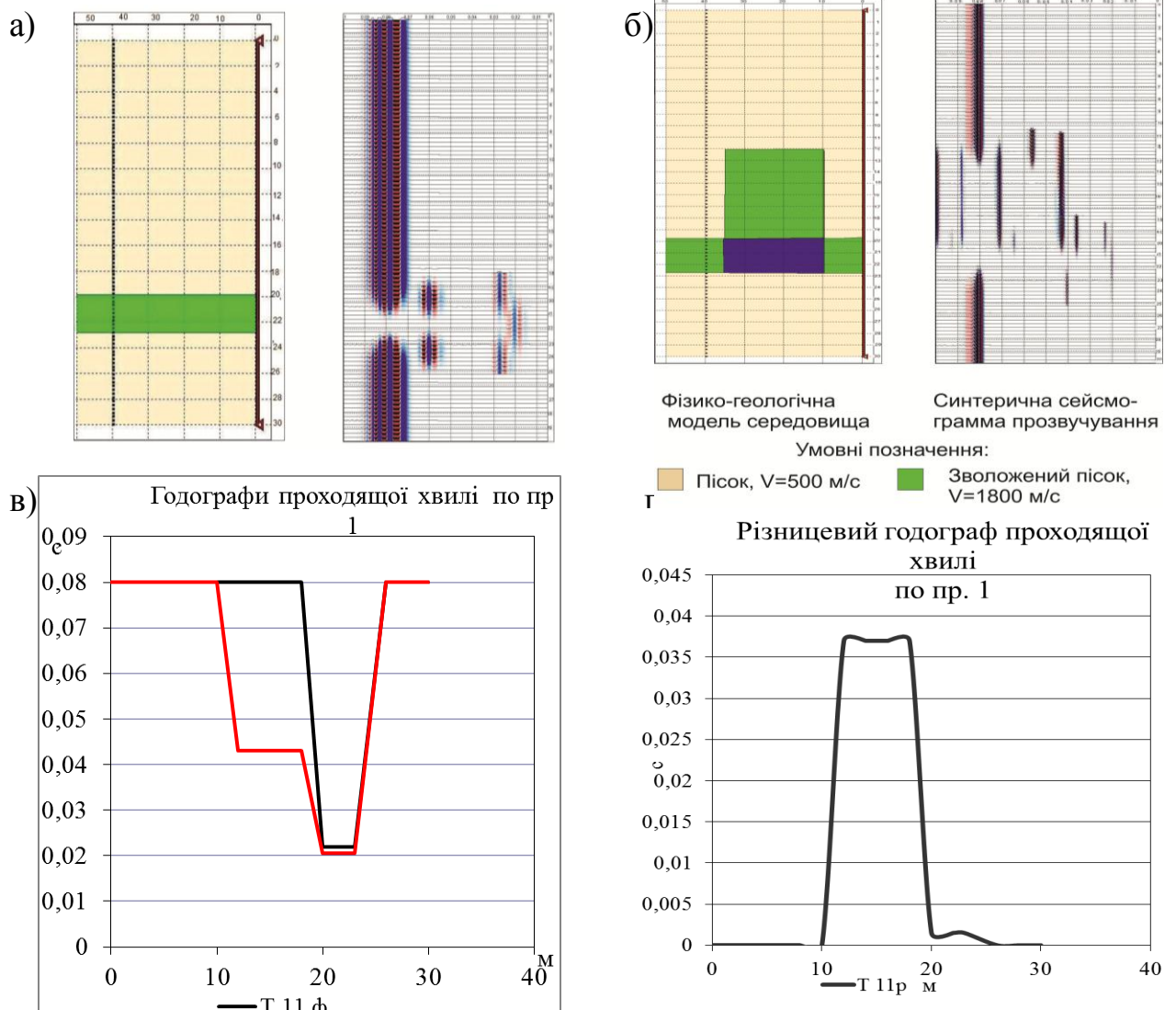


Рисунок 4.15 – Априорні моделі території навколо сховища: а – ФГМ та сейсмограма проходящих хвиль фонова; б – забрудненого середовища; в – годографи проходящих хвиль; г – різницевий годограф

На рис. 4.16 подані результати фізико-геологічного моделювання геологічного середовища при використанні міжсвердловинного прозвучування в екологічному моніторингу. Аномальні ділянки являють собою замочені відходи та забруднену зону водоносного горизонту і виділяються на «аномальній» сейсмограмі зниженням часу проходження хвиль на 0,065 с порівняно з «фоновою». Отримані результати підтверджують ефективність міжсвердловинного прозвучування в системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій. Однак для більш точного вирішення завдань моніторингу необхідне додаткове використання інших методів.

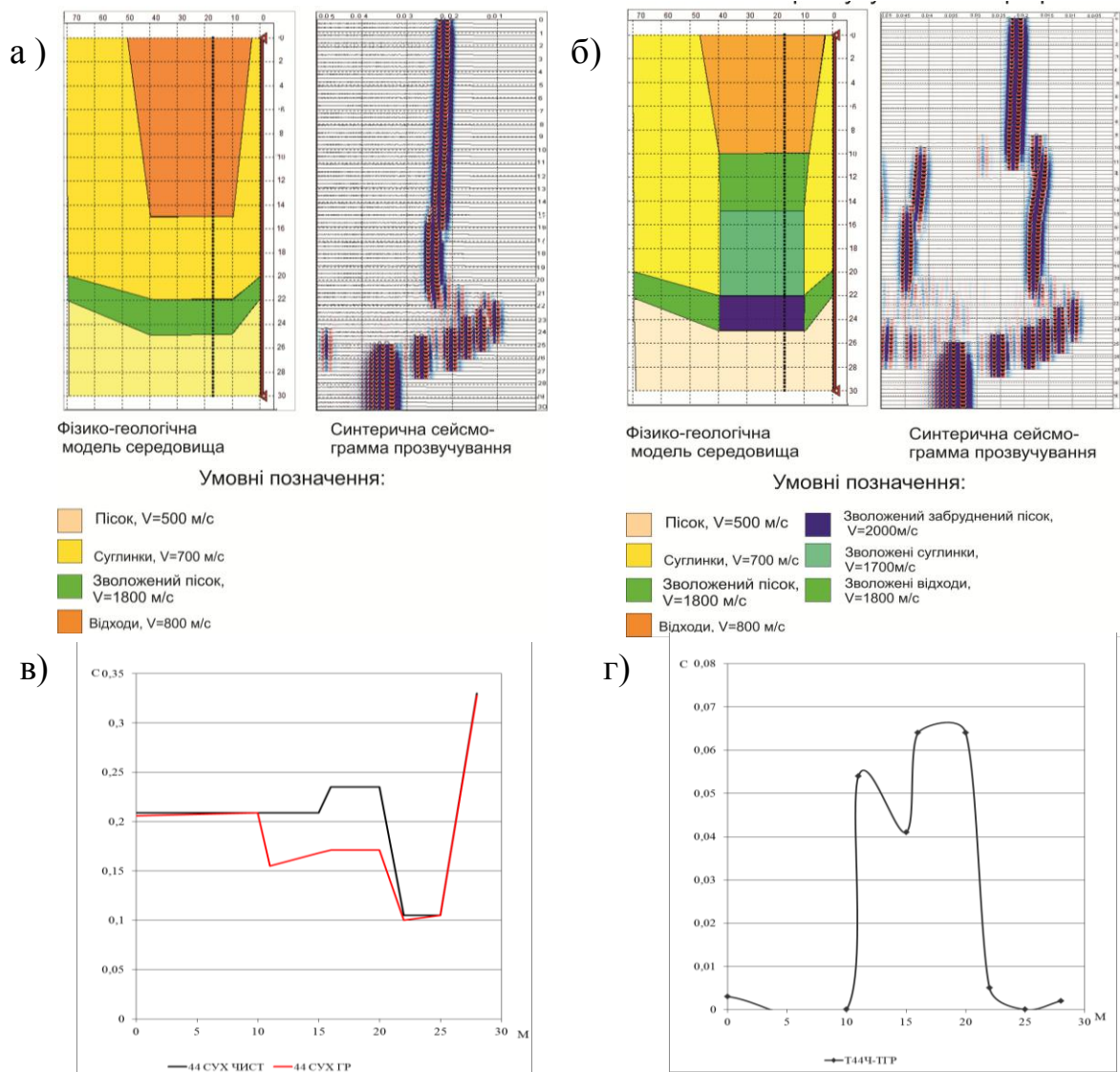


Рисунок 4.16 – Априорні моделі за профілем 44: а – ФГМ та сейсмограма проходящих хвиль фонова; б – забрудненого середовища; в – годографи проходящих хвиль; г – різницевий годограф

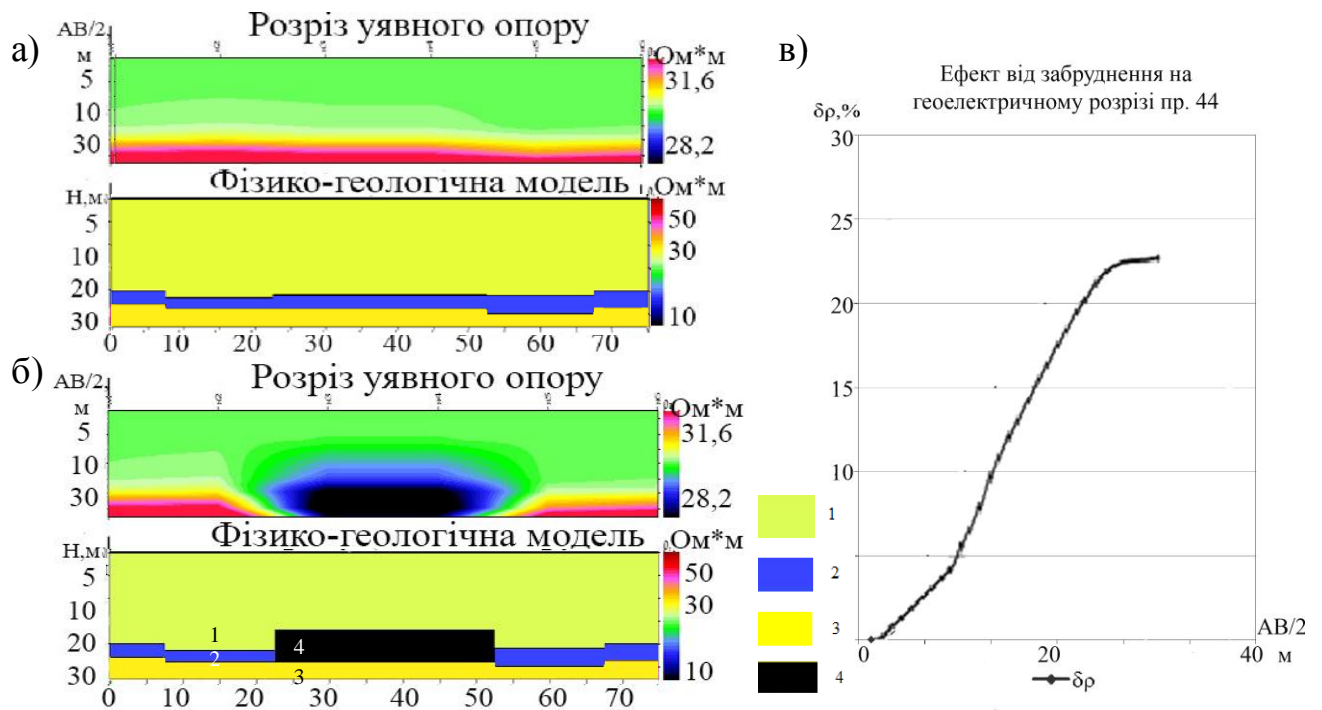
4.3.2 Дослідження методом електророзвідки ВЕЗ

Серед модифікацій електророзвідки для дослідження зміни фізичних властивостей порід та вирішення інженерних та екологічних завдань ефективними є методи опору. Основною в останні роки була методика вертикальних електричних зондувань для дослідження горизонтально-шаруватих розрізів. Використання методу ВЕЗ знижує вартість робіт. Вибір цього методу обумовлюється априорними відомостями про значну диференціацію геоелектричних властивостей порід, що складають верхню

частину розрізу (ВЧР). Проведення розчленування ВЧР, складеної піщано-глинистими породами, встановлення геометричних розмірів та інтенсивності забруднення від сховища відходів здійснюється разом з визначенням рівня мінералізації водоносних горизонтів.

Наприклад, до експлуатації сховища «Дніпровське» у 1956 р. рівень мінералізації першого водоносного горизонту становив $0,91 - 1,35 \text{ г/дм}^3$, а у 2004 р. – мінералізація поблизу сховища досягла 11 г/дм^3 . Мінералізація водоносного горизонту для сх. «Сухачівське» складає 420 мг/дм^3 , що згідно із встановленою для даної території формулою дозволяє зафіксувати питомий опір на рівні 8 мОм*м . При цьому його можна виміряти за допомогою електротомографії порівняно з нормальними значеннями для водоносних горизонтів лесового 170 мг/дм^3 і неогенового 152 мг/дм^3 , що відповідає значенням ПЕО приблизно 15 мОм*м . Згідно з попередніми натурними дослідженнями на території навколо сховищ відходів у зоні до 1 км спостерігається збільшення мінералізації як фонове для зони впливу сховища $474 \pm 110 \text{ мг/дм}^3$, як аномальне 1000 мг/дм^3 та більше, в деяких місцях сягає 5600 мг/дм^3 та навіть 12900 мг/дм^3 . Аномальний ефект від підвищеної мінералізації має бути для ВЕЗ більше 5 %. [75]

Аналогічні результати отримані для інших ФГМ геологічного середовища при зміні розташування профілю досліджень. На наступному рисунку зображені фізико-геологічні моделі (фонова та аномальна) геологічного середовища поблизу сховища. Максимальні розноси ВЕЗ для симетричної установки, що визначають глибинність досліджень, мають досягати $AB/2 = 50 - 60 \text{ м}$; $MN = 5 \text{ м}$; крок 10 м ; на аномальних ділянках, крок спостережень – 5 м . Згідно з інструкцією здійснюється 10 % контролю польових спостережень [59, 79]. У результаті отримані геоелектричні розрізи, найбільш інформативні з яких подані на рис. 4.17. Фізико-геологічне моделювання здійснюється у програмному пакеті IPI2WIN. На рис. 4.17 зображені апріорні моделі геологічного середовища та ділянки зміни фізичних властивостей гірських порід під дією сховища. На графіку (рис. 4.17, в) подано криву аномального ефекту, що проявляється зниженням ρ_k на 23 % (зона підвищеної мінералізації на глибині 16 м).



1 – суглинки; 2 – водоносний горизонт; 3 – піски; 4 – зона підвищеної мінералізації

Рисунок 4.17 – Априорні моделі: а – фоновий геоелектричний розріз (якщо сховище не впливає); б – аномальний геоелектричний розріз; в – крива ефекту від підвищеної мінералізації рк

Аналогічні результати отримані для інших ФГМ усіх запропонованих типів сховищ до та після їх заповнення. Ця інформація дозволяє зробити висновки про ефективність використання електророзвідки ВЕЗ для визначення фізичних властивостей вміщувальних порід навколо сховищ, геометричних розмірів та фізичних властивостей зон підвищеної мінералізації.

На рис. 4.18 подані фізико-геологічні моделі (ФГМ) для контролю процесу замочування відходів та попередження зміни геологічного середовища навколо сховища. Розташування профілю поперек сховища (ярово-балкового або приповерхневого типу): модель «а» – сховище не впливає на властивості вміщувальних порід (фонова), модель «б» – ділянка підвищеної мінералізації від сховища, що потрапила у ВЧР (суглинки та супіски) та водоносний горизонт, знижуючи їх питомий електричний опір. На прикладі «в» наведена крива ефекту, що в аномальній частині значно перевищує 5 % (рис. 4.18).

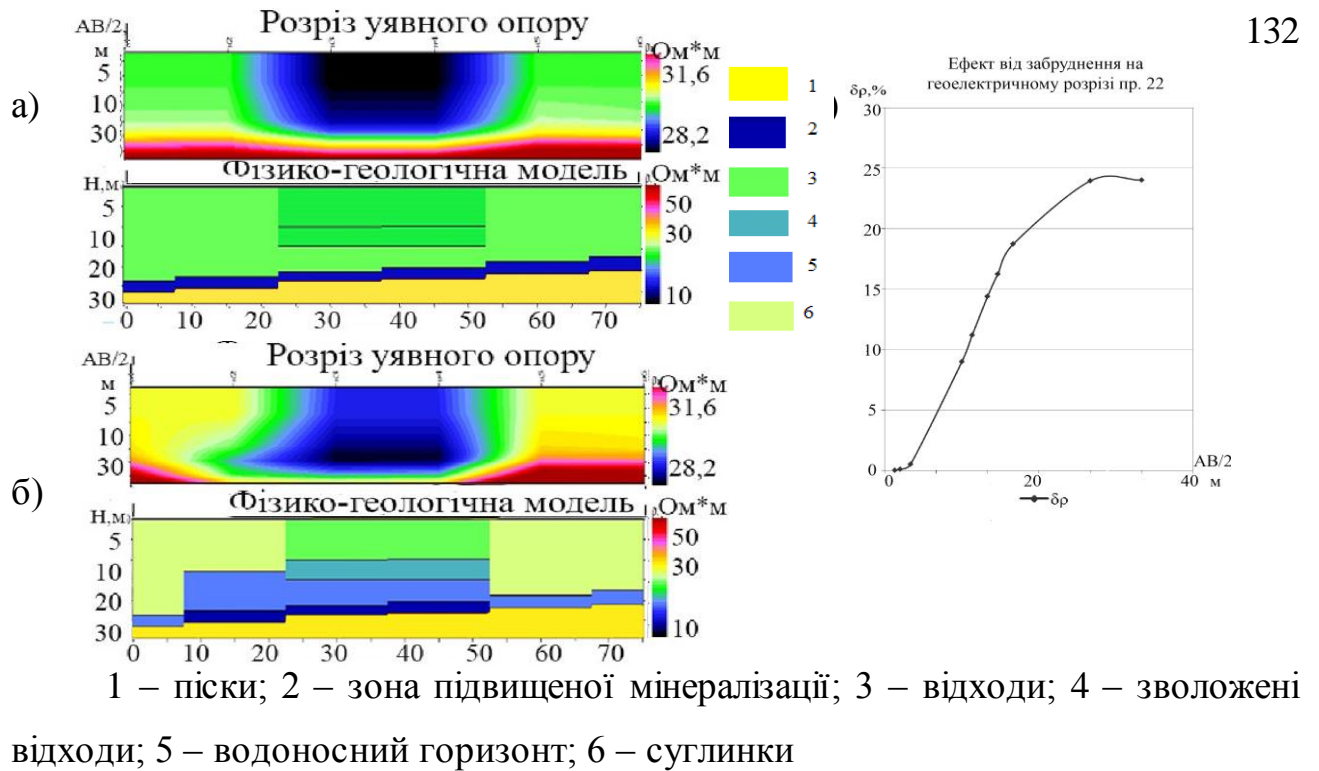


Рисунок 4.18 – Профіль вхрест простягання сховища: а – фоновий геоелектричний розріз та ФГМ; б – геоелектричний розріз з ділянкою підвищеної мінералізації та ФГМ; в – крива ефекту ρ_k

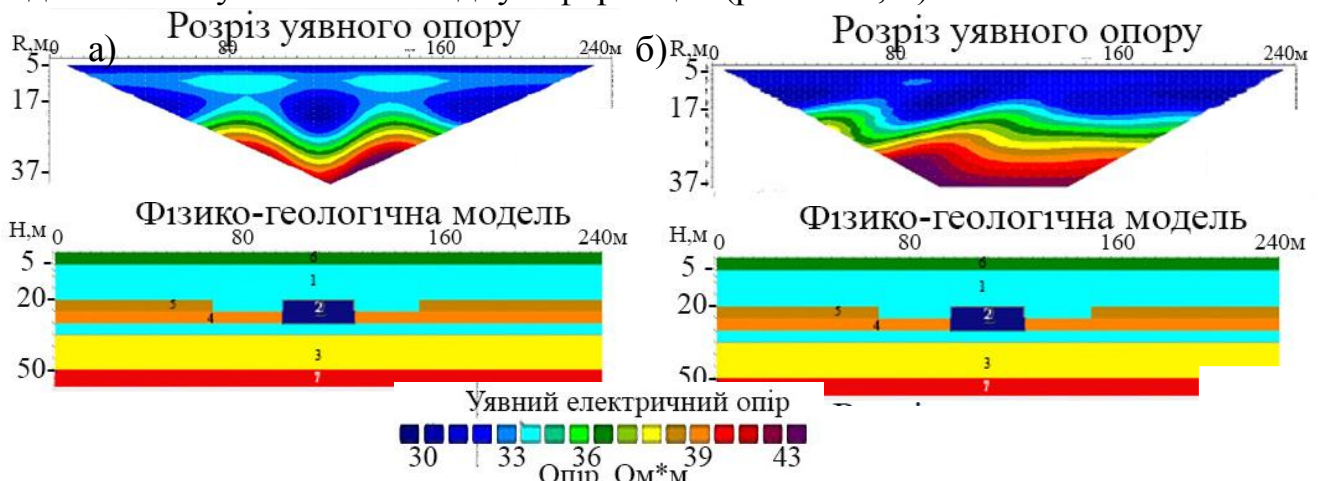
4.3.3 Використання методу електротомографії 2D

Останні роки активно розвивається та використовується методика електротомографії, яка дозволяє проводити інтерпретацію в рамках дво- та тривимірних моделей [29, 30]. Методика електротомографії внаслідок великої щільності спостережень дозволяє істотно підвищити їх якість, особливо в горизонтальному напрямку, завдяки багаторазовому використанню як живильних і вимірювальних одні й ті самі фіксовані на профілі спостережень положення електродів. Багатоканальна апаратура дозволяє одночасно вимірювати різницю потенціалів на декількох (8 – 24) приймальних диполях, поєднаних багатожильним кабелем (рис. 4.19).



Рисунок 4.19 – Схема багатоканальної апаратури

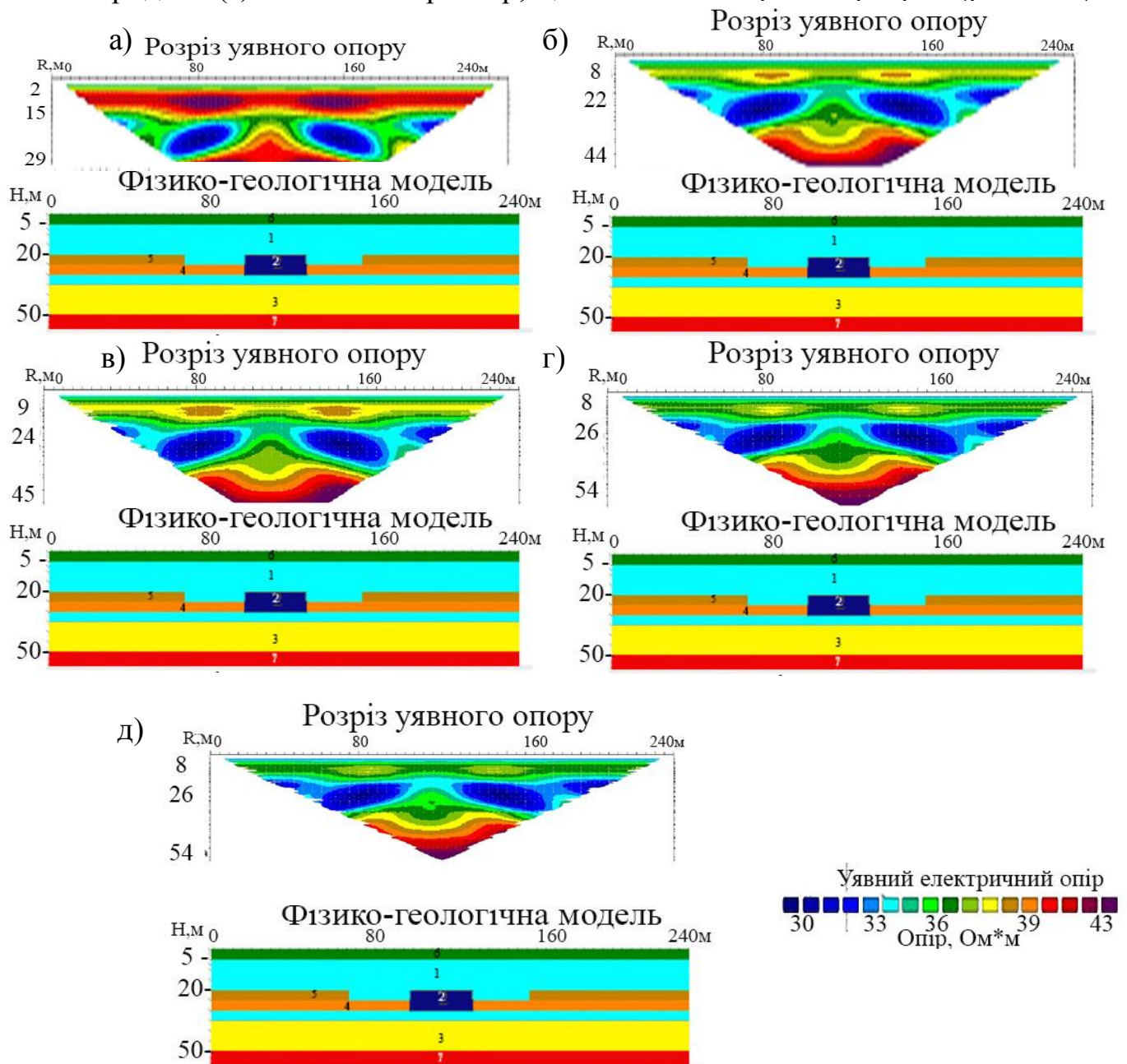
На базі програм, розроблених для двовимірного моделювання, проведено розрахунки відповідно до різних типів установок й особливостей проведення робіт з метою визначення найбільш ефективної. Розміри установки визначаються відповідно до розв'язувальних завдань. Необхідно дослідити зону підвищеної мінералізації, що знаходиться на глибині 20 м, а також підстилаючі піски та глини, таким чином, глибина досліджень має сягати 30 – 35 м, що потребує максимального розносу за даною методикою 190 – 200 м, відстань між електродами 5 м, кількість електродів в установці 51, крок спостережень 5 м. У результаті проведення робіт отримаємо описані далі геоелектричні розрізи. Фізико-геологічне моделювання здійснюється у програмному пакеті RES2DMOD. На рис. 4.20 наведені геоелектричні розрізи, отримані при використанні установок двохелектродної симетричної та Шлюмберже. На розрахованому геоелектричному розрізі знаходить своє відображення модель зони підвищеної мінералізації та глини при використанні установки Шлюмберже (рис. 4.20, а). Вона проявляється зниженням питомого опору, що дозволяє виділити горизонтальні розміри, однак визначення глибини забруднення ускладнено. Установка двохелектродна не відображує в достатньому об'ємі необхідну інформацію (рис. 4.20, б).



1 – суглинки; 2 – забруднена ділянка (підвищеної мінералізації); 3 – піски;
4 – водоносний горизонт; 5 – глини; 6 – ґрунтово-рослинний шар; 7 – породи кристалічного фундаменту

Рисунок 4.20 – Фізико-геологічна модель та геоелектричний розріз: а – установка Шлюмберже; б – установка двохелектродна симетрична

Розрахунок значної кількості геоелектричних розрізів для декількох установок дозволив визначити найбільш ефективнішу для даних моделей: дипольна осьова. Надалі проілюстровані особливості результатів електротомографії для різних варіантів цієї установки. Мінімальна відстань між електродами (а) – змінний параметр, що впливає на отримані розрізи (рис. 4.21).

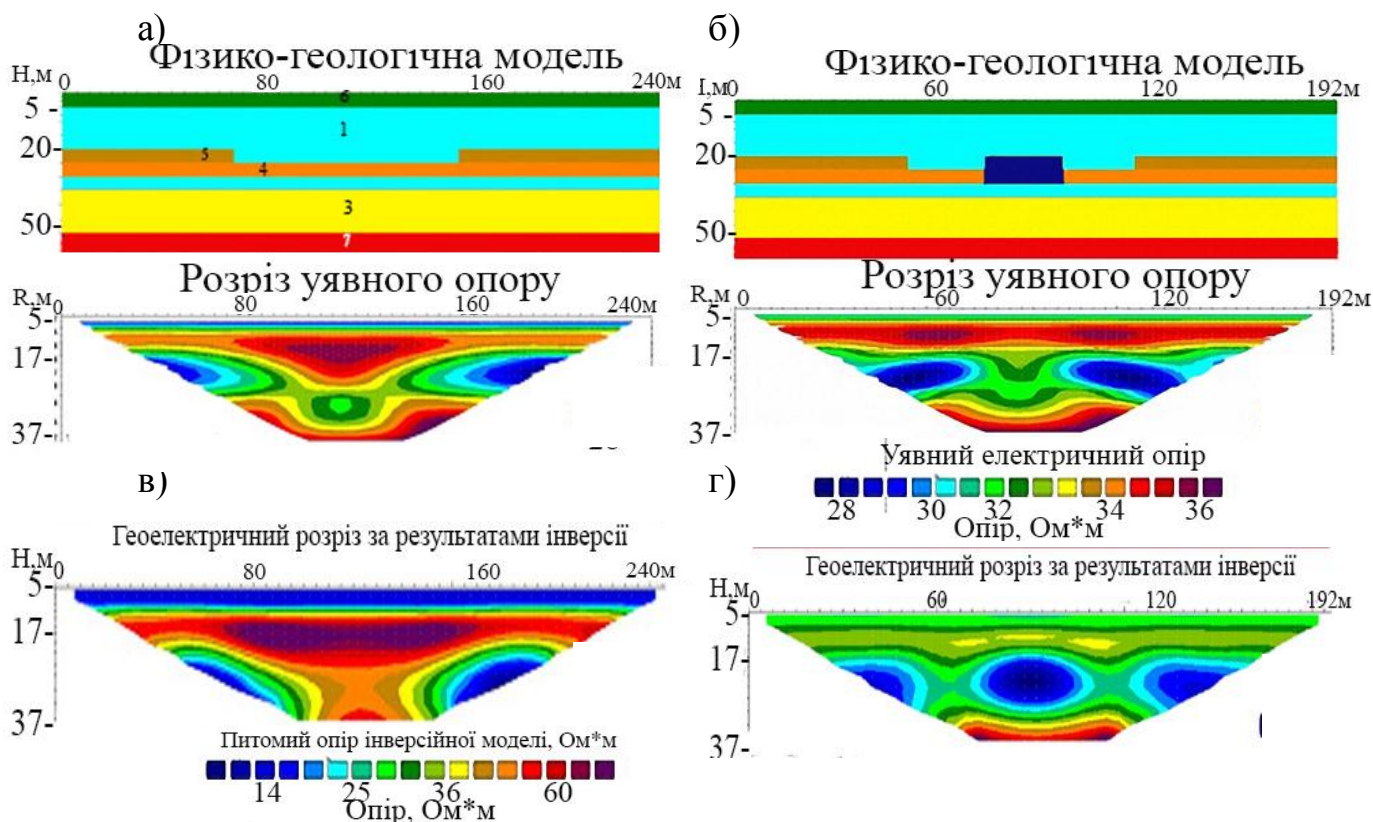


1 – суглинки; 2 – забруднена ділянка (підвищеної мінералізації); 3 – піски;
4 – водоносний горизонт; 5 – глини; 6 – ґрунтово-рослинний шар; 7 – породи кристалічного фундаменту

Рисунок 4.21 – Фізико-геологічні моделі (забруднені) та геоелектричні розрізи: а – а2, n12; б – а3, n12; в – а4, n8; г – а4, n12; д – а5, n12

Отримані результати дозволяють зробити висновки, що співвідношення a і r впливає на глибину досліджень. На рис. 4.21, а глибина досліджень досягла 29,4 м (не достатньо для визначення точної глибини ділянки підвищеної мінералізації), на рис. 4.21, д – 54,4 м (геоелектричний розріз не симетричний). Оптимальною для даної моделі є установка з параметрами $a3$ $r12$ та глибиною досліджень 44,1 м.

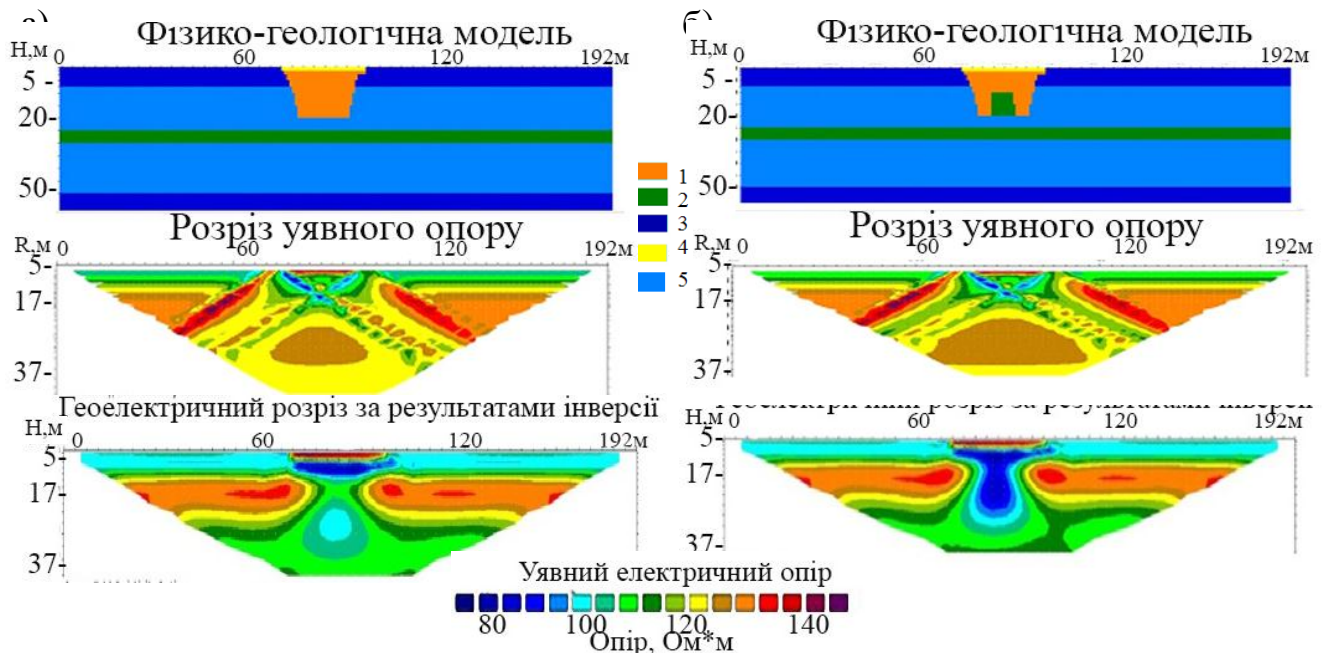
На рис. 4.22 подані ФГМ геологічного середовища: модель «а» – сховище не впливає на властивості вміщувальних порід (фонова), модель «б» – ділянка підвищеної мінералізації, що від сховища утворилася у ВЧР, (суглинки і супіски) та водоносний горизонт, що знижує їх питомий електричний опір. Для обраної установки отримуємо геоелектричні розрізи і результати інверсії.



1 – суглинки; 2 – забруднена ділянка (підвищеної мінералізації); 3 – піски; 4 – водоносний горизонт; 5 – глини; 6 – ґрунтово-рослинний шар; 7 – породи кристалічного фундаменту

Рисунок 4.22 – Фізико-геологічні моделі, геоелектричні розрізи, моделі, отримані при вирішенні зворотної задачі: а – фонові; б – аномальні (забруднені)

На розрахованому за допомогою програми RES2DMOD геоелектричному розрізі відображений перший шар у вигляді зони зниженого опору, другий шар як область підвищеного опору, при чому «літологічне вікно» відображається у вигляді розростання аномалії, сухі підстиляючі піски проявляються у вигляді зони підвищеного опору. Додавання до моделі зони підвищеної мінералізації призводить до зниження рівня опору на 30 % на пікетах з 20 по 27. На розрізі також додаються зони зниженого опору з обох боків від забруднення, пов'язані з глинами. На рис. 4.23 зображено ФГМ геологічного середовища на етапі захоронення для моніторингового контролю за станом відходів: модель «а» – сховище складається із сухих відходів (фонова), модель «б» – відображення замочування сховища, результати інверсії для моделей.



1 – сховище відходів; 2 – водоносний горизонт та вологі відходи; 3 – шар заниженого питомого опору; 4 – шар перекриття відходів; 5 – суглинки

Рисунок 4.23 – Фізико-геологічні моделі; геоелектричні розрізи на етапі захоронення сховища; моделі, отримані при вирішенні зворотної задачі: а – фонові; б – аномальні (забруднені)

Зона замочування відходів на геоелектричному розрізі відображається зниженням питомого опору з обох боків від зони підвищеної мінералізації, при проведенні інверсії спостерігається значна різниця в отриманих значеннях у

22 %, що дозволяє зробити висновок про ефективність електротомографії на етапі захоронення сховища для контролю його стану в системі моніторингу.

З метою показати ефективність інтерпретації отриманих таким чином геоелектричних розрізів виконувалася інверсія в програмі RES2DINV. Отримані геоелектричні моделі повторюють вихідні. При оцінці результатів інверсії добре відображаються глини, що являють собою зони зниженого опору у фоновій моделі, а в аномальній – зони підвищеної мінералізації та глини.

4.3.4 Використання методу електротомографії 3D

У зв'язку з тим, що зони підвищеної мінералізації характеризуються ізометричною формою, 2D-моделювання недостатньо відображає їх детальну конфігурацію. Тому нижче подані можливості 3D-моделювання у програмі RES3DMOD. Живильна установка переміщається по всій площі, кроком 5 м, кількість електродів у поперечному напрямку (y) дорівнює 44, у поздовжньому 30 (x), (рис. 4.24).

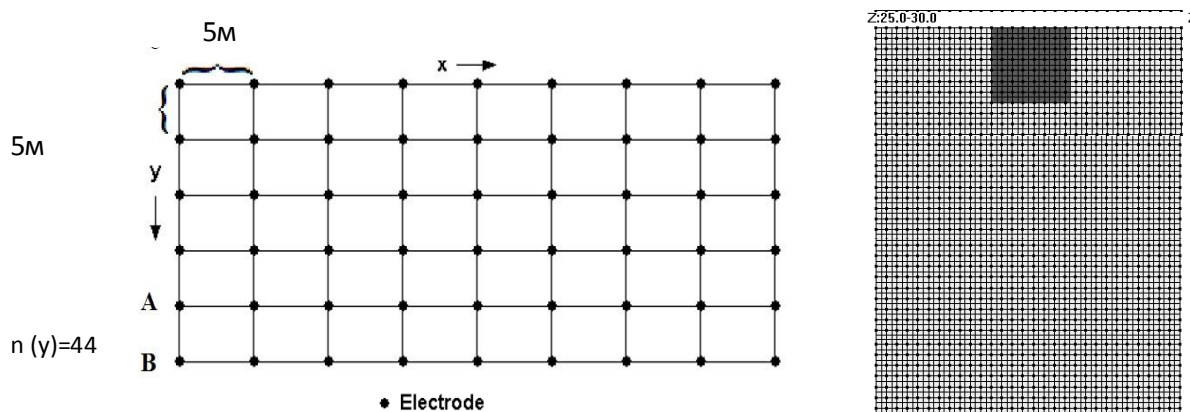


Рисунок 4.24 – Схема досліджень та модель зони підвищеної мінералізації у водоносному горизонті

На наступному рисунку наведені результати розрахунків геоелектричних розрізів для фонові та забрудненої моделей, 2D-модель якої зображена на рис. 4.22. При проведенні екологічного моніторингу важливим є визначення об'ємних параметрів забрудненої зони, які добре відображаються на рис. 4.25.

Зона підвищеної мінералізації проявляється зниженням питомого електричного опору на зрізах 1 – 3. Це дозволяє визначити горизонтальну зональність мінералізації забрудненої зони, а також виділити глибину розповсюдження. При замочуванні відходів на етапі захоронення сховища до вищенаведених розрізів додається зона зниженого опору по центру 3D розрізу на зрізах 1 – 4 (рис. 4.26).

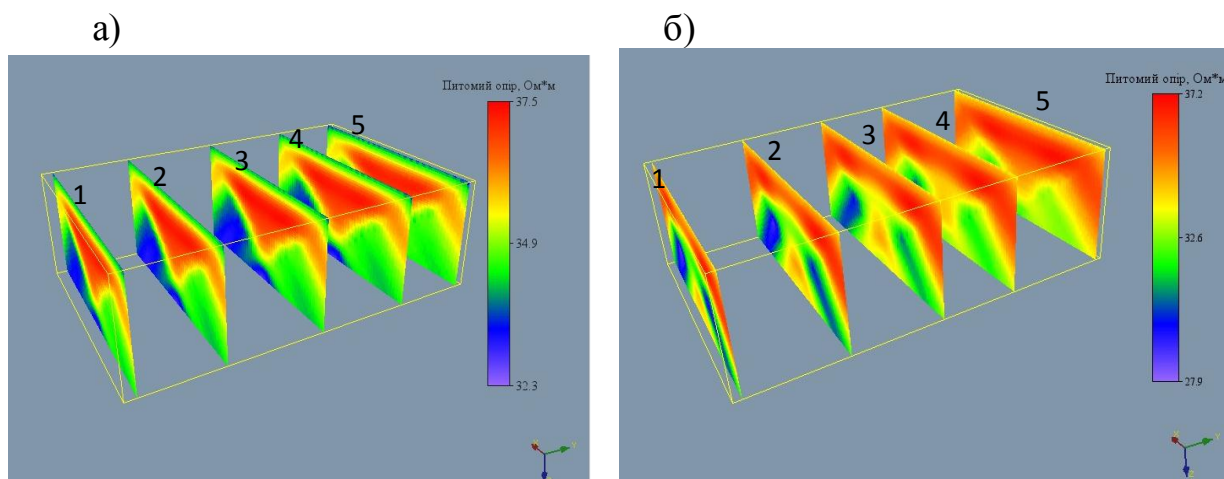


Рисунок 4.25 – Геоелектричні розрізи 3D: а – фоновий; б – аномальний на етапі функціонування сховища

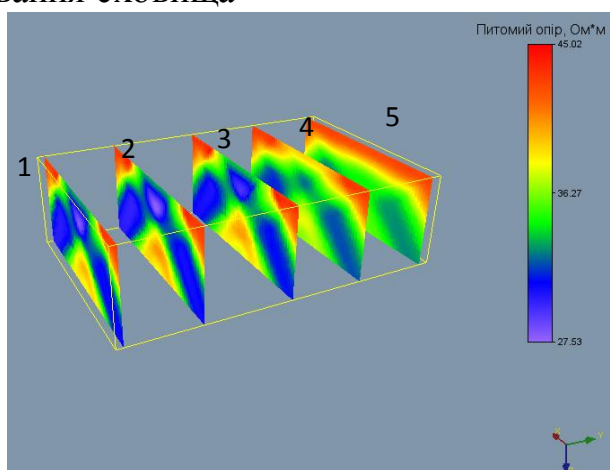


Рисунок 4.26 – Аномальний геоелектричний розріз (зволожені відходи)

Використання наведених методів міжсвердловинного прозвучування, ВЕЗ, електротомографії у комплексі з іншими геолого-геофізичними методами дозволить підвищити точність, збільшити оперативність та ефективність досліджень для прийняття управлінських рішень відносно зниження зміни геологічного середовища під дією сховищ відходів [114, 115].

Аналогічні до наведених результати фізико-геологічного моделювання зміни геологічного середовища навколо сховищ промислових відходів отримані для кожного з основних типів сховищ, визначених у підрозд. 2.2. Для визначення особливостей комплексування геолого-геофізичних методів вирішення основних завдань екологічного моніторингу прилеглої до сховищ відходів території побудовано та проаналізовано значну кількість фізико-геологічних одно-, дво- і тривимірних моделей з урахуванням різних фізичних властивостей та геометричних розмірів зон підвищеної мінералізації. Основні завдання, що вирішуються за допомогою геолого-геофізичних методів:

- а) дослідження структурно-тектонічної будови території для прогнозування потенційних шляхів розповсюдження небезпечної зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів;
- б) дослідження просторової будови, речовинного складу та фізичних властивостей верхньої частини геологічного розрізу, у т. ч. потужності осадового чохла та його окремих шарів, ділянок їх виклинування, «літологічних вікон» тощо;
- в) дослідження гідрогеологічного розрізу, у т. ч. глибин залягання та мінералізації підземних водоносних горизонтів, напрямків та швидкостей фільтрації, областей живлення, транзиту та розвантаження;
- г) контроль за просторовими параметрами ореолів (аномалій) хімічного чи радіоактивного забруднення;
- д) дослідження розвитку екзогенних процесів у районі зазначених об'єктів, що можуть впливати на якість їх функціонування та просторове поширення хімічного чи радіоактивного забруднення;
- е) встановлення конкретних місць розташування захисних споруд сховищ відходів та контроль за їх цілісністю, визначення в них ділянок потенційних змін фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів;
- ж) визначення просторових особливостей, фізичного стану і властивостей відходів у сховищах.

Ці завдання розділено на типи: загальні (основні у геологорозвідувальному процесі), спеціалізовані (що визначають особливості просторової зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів), техногенні (що визначають особливості джерел розповсюдження забруднення). Окремо подано завдання для різних етапів функціонування сховища, серед яких для екологічного моніторингу важливими є проектування, будівництво, експлуатація і захоронення. Враховуючи інформацію відносно існуючих сховищ відходів, проведено визначення додаткових етапів функціонування сховища: тимчасове зберігання, переміщення, переробка (вторинний видобуток корисних елементів з відходів збагачення видобувної руди).

Серед основних геофізичних методів визначені гравіметрична та магнітометрична зйомки, методи електророзвідки: електротомографія, вертикальне електрондонування (ВЕЗ), електропрофілювання (ЕП), метод природного електричного поля (ПЕП), метод зарядженого тіла (ЗТ); методи сейморозвідки: міжсвердловинне прозвучування, метод заломлених хвиль (МЗХ), колове сейсмічне зондування (КСЗ), в деяких місцях вертикальне сеймопрофілювання (ВСП), спектрально-сейморозвідувальне профілювання (ССП); методи ядерної геофізики для сховищ радіоактивних відходів: аерогаммаспектрометрія та пішохідна гамма зйомка [24, 148]. В табл. 4.5 наведено геофізичні методи для дослідження сховищ ярово-балкового типу.

Зазначені геофізичні дослідження супроводжуються даними нівелювання, дистанційних зондувань, гірничо-бурових досліджень, тематичної обробки топографічних, ландшафтних, гідрографічних карт і схем, відбором зразків порід та води (геохімічні й гідрогеологічні дослідження). Система екологічного моніторингу уточнена для кожного з основних раніше обґрунтованих типів сховищ промислових відходів. На всіх етапах функціонування сховищ визначено систему завдань, вирішення яких потребує комплексування геолого-геофізичних (як основних) та додаткових методів, що уточнюють отриману інформацію відносно особливостей зміни геологічного середовища під дією сховищ кожного типу.

Таблиця 4.5 – Загальні підходи до комплексування геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу геологічного середовища на різних етапах функціонування сховищ промислових відходів (на прикладі сховищ ярово-балкового типу)

Етапи	Мета	Завдання	Цілеспрямованість задач екологічного моніторингу								Застосування геофізичних методів							
			Загальногеологічні		Спеціалізовано-геологічного плану				Технологічного плану		Метод (модифікація)	Основні особливості методики робіт	Вирішуємі завдання					
			А. Структурно-тектонічна будова	Б. ВЧР	В. Гідродинамічні умови	Г. Поверхнені та приповерхневі геохімічні умови	ГР. Поверхневі та приповерхневі радіаційні умови	Д. Розвиток екзогенних процесів	Е. Просторове положення та стан споруд та комунікацій	Ж. Властивості та стан відходів								
1.1 Проектування	Вибір ділянки для будівництва сховища, прогноз зміни геологічного середовища	Дослідження фонових природних та технологічних особливостей	1.1.1 Розломи та блоки відносно не подрібнених порід	1.1.2 Фільтраційні та міцнісні властивості порід ВЧР	1.1.3 Водонесні горизонти (глибина, напрямок, швидкість, мінералізація водонесних горизонтів), зона аерації, області живлення, транзиту водонесних горизонтів	1.1.4 Геохімічні «фонові» значення	1.1.41 Радіаційні «фонові» значення	1.1.5 Щільність, вологість порід, (структура зсуву)	1.1.6 Ділянки розташування споруд та комунікацій	1.1.7 -	ГР	профільна площадна 1:5000- 1:10000	1.1.1,1.2.1, 1.4.1, 1.1.3, 1.3.3, 1.1.5, 1.3.5,1.4.5,1.2.2					
			1.2 Будівництво	Уточнення результатів прогнозу сформульованого при проектуванні	Дослідження зміни вихідних особливостей в результаті будівництва сховища та захисних конструкцій	1.2.1 Активні фрагменти розломів	1.2.2 Вологість та щільність вміщувальних порід ВЧР	1.2.3 Глибина, напрямок і мінералізація водонесних горизонтів	1.2.4 Геохімічний вплив в процесі будівництва сховища, споруд і комунікацій	1.2.42-	1.2.5 Стійкість, вологопроникність порід	1.2.6 Структура і міцність споруд	1.2.7-	ПЕП	1:5000	1.3.2,1.3.6,1.1.3,1.2.3,1.2.5		
1.3 Експлуатація	Уточнення і деталізація результатів прогнозу шляхів та інтенсивності зміни геологічного середовища	Періодичне дослідження за станом геологічного середовища і сховища (в тому числі споруді комунікацій) при заповненні сховища;	1.3.1 Процеси в межах визначених розломів	1.3.2 Фізичні властивості «літологічного екрану» і потужність вміщувальних порід для визначення часу експлуатації сховища	1.3.3 Глибина залягання водонесних горизонтів і водопорів, (фільтраційні властивості розрізу), техногенні ореоли (інтенсивність, просторово-часова характеристика), гідралічний зв'язок між водонесними горизонтами	1.3.4 Інтенсивність та швидкість змін від впливу сховища, споруд та комунікацій, аномальні ділянки об'ємних аномалій	1.3.43 Інтенсивність та розміри аномальних ділянок радіоактивного забруднення	1.3.5 Вологонасиченість, щільність, особливості розрізу, картування поверхні сповзання	1.3.6 Ділянки пошкодження (протікань) комунікацій та захисних споруд	1.3.7 Вологонасиченість та щільність, структура відходів	ВЕЗ	1:5000-1:10000	1.1.1,1.1.2, 1.1.3, 1.2.2, 1.2.3, 1.3.3,1.4.2					
			1.4 Захоронення	прийняття управлінських рішень щодо запобігання його негативного впливу.	Контрольні спостереження за станом геологічного середовища та сховища	1.4.1 Процеси в межах потенційних для забруднення розломів	1.4.2 Властивості вміщувальних порід (вологість, щільність, потужність)	1.4.3 Ділянки гідрогеологічних робіт та мережі спостережних свердловин для екологічного моніторингу	1.4.4 Геохімічна «стабільність» району розташування сховища	1.4.44 Радіаційний стан району захоронення сховища	1.4.5 Стабільність властивостей порід	1.4.6 Стан захисних споруд як потенційних джерел поширення забруднення	1.4.7 Фізичні властивості відходів та структура тіла сховища	КСЗ	1:5000 -1:10000	1.3.3, 1.2.5, 1.3.5, 1.4.5		
			Додаткові методи	Уточнення отриманої геофізичної інформації	Аерокосмічна зйомка, дослідження, топографічних, ландшафтних карт та схем, гірничо-бурові	Гідрогеологічні дослідження, аерокосмічна зйомка	Геохімічні дослідження зразків порід та води	Радиометричне опробування	Нівелювання	Нівелювання	Геохімічні та радіологічні дослідження							
											МП	1:5000-1:10000	1.1.3,1.2.2,1.2.5 1.2.3,1.3.2,1.3.5 1.3.3,1.4.3,1.3.6 1.3.7, 1.3.8,1.4.5 1.1.2,1.2.4,1.1.5					
											Ср МПХ	Площадна профільна	1.2.6, 1.1,1.3.5					
											ССП	1:5000	1.2.1,1.1.6 1.3.4,1.3.6					
											ВСП		1.1.2, 1.3.2, 1.4.3					
											Пішоходна гамма-зйомка	Площадна і профільна 1:5000-1:10000	1.1.4 1.3.4 1.7,1.4.4, 1.3.6					
											Аеро-γ-спектрометрія	Площадна 1:10 000-1:25 000	1.1.4,1.3.1 1.2.4 1.3.4 1.4.4					

При цьому дослідження повинні проводитися за єдиною схемою, в контексті єдиної методології, аби результати були достатні за об'ємом, коректні, змістовні й доступні для застосування на різних територіях різними спеціалістами. Визначення комплексів проведено згідно із ЗУКНів, мобільністю і продуктивністю методів. У результаті побудови значної кількості модифікацій фізико-геологічних моделей з використанням різних програмних пакетів визначено найбільш ефективні установки для картування забруднення методами електро- (електротомографія 2D, 3D та ВЕЗ) і сейсмозв'язки (МП).

У ході дисертаційного дослідження на основі фізико-геологічних моделей з урахуванням природно-техногенних умов проведення робіт розраховані очікувані аномалії фізичних полів, встановлені ймовірні зміни характеру аномальних фізичних полів - геофізичних критеріїв досліджуваних об'єктів - залежно від зміни їх розмірів, глибин залягання та ін. Це дозволило оцінити ефективність застосування конкретних модифікацій методів електро- і сейсмозв'язки для вирішення завдань екологічного моніторингу [138].

На сучасному етапі функціонування сховища «Сухачівське» визначено такі завдання екологічного моніторингу:

- основні (уточнення особливостей розломно-блокової будови, дослідження процесів у межах визначених розломів; встановлення потужності осадкового чохла, потужності окремих літологічно різних шарів, оцінка потужності «екрану», місць «літологічних вікон» та ділянок викликування шарів, визначення фізичних властивостей вміщувальних порід;
- спеціалізовані (визначення мінералізації водоносних горизонтів, глибини залягання, потужності, напрямку та швидкості їх розповсюдження, а також контроль за геометричними і фізичними параметрами ореолів техногенного забруднення, визначення фільтраційних властивостей розрізу, встановлення гідравлічного зв'язку між водоносними горизонтами; прогноз шляхів і швидкості поширення зони аномальних фізичних властивостей гірських порід і водоносних горизонтів у геологічному середовищі, дослідження розвитку екзогенних процесів на бортах балки (щільність та

вологонасиченість порід, (картування дзеркала сповзання потенційних зсувів), уточнення геометричних та фізичних властивостей ореолів поверхневого забруднення (у т. ч. вздовж транспортних магістралей (пульпопроводу), з урахуванням конструктивних особливостей (нижче греблі)))

- техногенні (дослідження стану греблі (місця протікання), визначення фізичного стану, структури та властивостей відходів у сховищах (вологість, щільність, радіоактивність).

4.3.5 Раціональне комплексування геофізичних методів

На основі проведеного фізико-геологічного моделювання сховищ відходів і вдосконалення традиційних підходів до вирішення геоекологічних завдань розроблено такі раціональні комплекси геофізичних методів, що перебувають на етапі заповнення сховища ярово-балкового типу дослідження деталізаційної спрямованості:

– на центральній ділянці (I) проводиться уточнення напрямку руху водоносних горизонтів й картування забруднення навколо сховища (пріоритетними є методи: електротомографія, ВЕЗ, зарядженого тіла, МП), розташовуються профілі для дослідження стійкості греблі та бокових стінок сховища (методи: природного електричного поля, КСЗ, сейсмопрофілювання, електротомографія);

– на північній ділянці (II), що визначена із застосуванням алгоритму врахування розломно-блокової будови та розрахунку геодинамічних властивостей водоносних горизонтів, проводиться картування просторової зміни геологічного середовища.

– на ділянці (III), що визначена згідно з найбільш проявленими напрямками простягання розломів за геолого-геофізичними даними як шлях потенційної зміни геологічного середовища, проводяться дослідження просторової змін фізичних властивостей гірських порід і водоносних

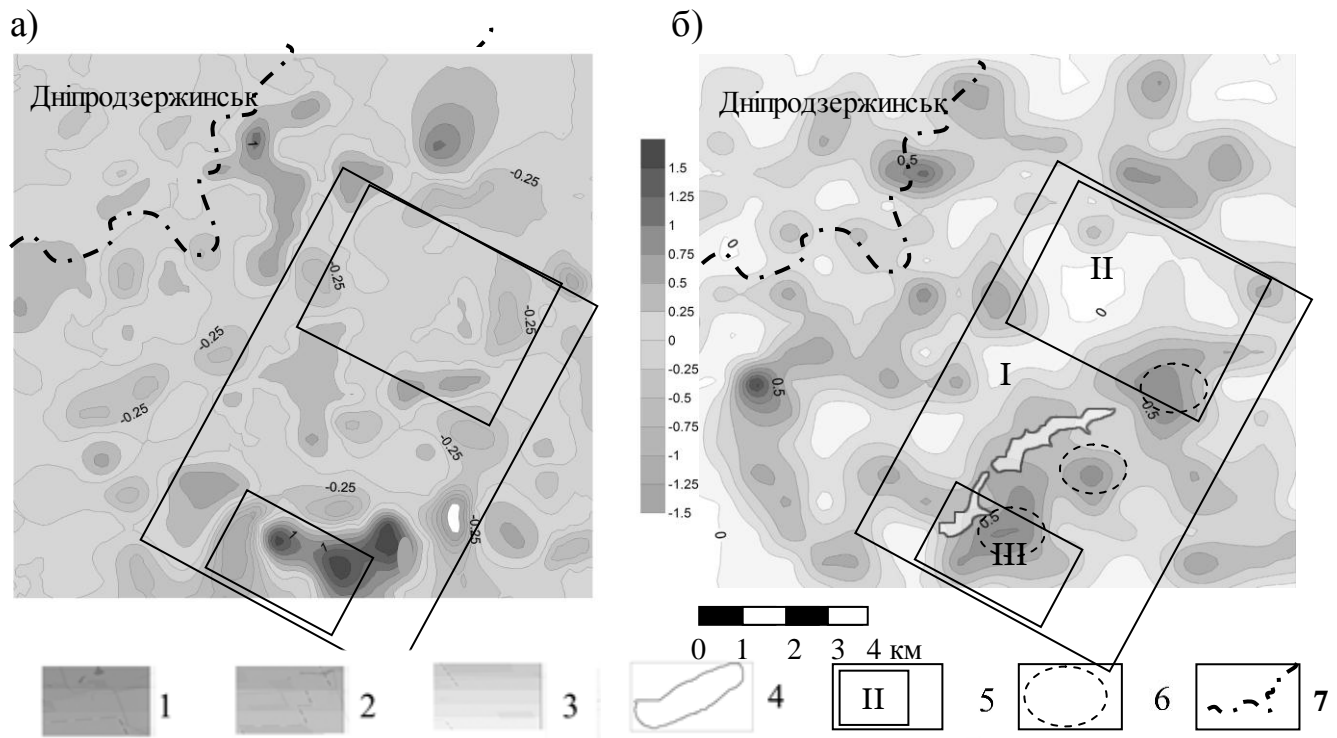
горизонтів, стійкості греблі сховища, деталізація радіоактивних аномалій, виявлених дослідженнями попередників (ІППЕ).

Наведений комплекс геолого-геофізичних методів розроблений для проведення екологічного моніторингу території навколо сховищ відходів на етапі їх заповнення (табл. 4.6). Згідно з алгоритмом, наведеним у розділі 3, і можливостями геофізичних методів, описаними в розділі 2 (на прикладі зон підвищеної мінералізації), необхідне застосування геофізичних методів у комплексі з гідродинамічною, тектонічною, геоморфологічною та іншою інформацією при підтримці управлінських рішень попередження зміни геологічного середовища.

Таблиця 4.6 – Раціональний комплекс геофізичних методів при вивченні території, що примикають до сховищ ярово-балкового типу на етапі їх заповнення

Вид зйомки (метод)	Масштаб	Особливості зйомки (рис. 4.27)	Основні завдання, що вирішуються (деталізаційна спрямованість)
Електророзвідка ВЕЗ	1:5 000 - 1:10000	Профілі на ділянці II	Визначення напрямків, швидкості й мінералізації водоносних горизонтів. Картування ореолів забруднення від сховища у верхній частині розрізу
Електротомографія		Профілі на ділянці I, II	
Метод зарядженого тіла		Профілі на ділянці I	
Метод природного електричного поля		Профілі по дамбі	Визначення ділянок розповсюдження зсувів на бортах балки, визначення місць протікань греблі
Сейсмопрофілювання, КСЗ		Профілі вздовж бортів балки	
Міжсвердловинне прозвучування	1:5 000 – 1:10000	Мережа сведловин на ділянці I і II	Картування ореолів забруднення від сховища у верхній частині розрізу
Пішоходна γ -зйомка	1:5000	Мережа точок на ділянці I	Картування радіоактивних аномалій
Площадний відбір зразків гірничих порід, води та рослинності для лабораторного визначення питомої активності	1:5 000 – 1:10000	Радіальні профілі з деталізацією на ділянці III	Визначення радіоактивної природи аномалій (аномальний участков)

Дослідження необхідно провести в пробурених діючих свердловинах або за схемою на рис. 4.27 для уточнення глибини залягання водоносних горизонтів, їх мінералізації, літологічного розподілу по свердловині, а також визначення об'ємного ореолу зміни геологічного середовища.



Напрямок зміни геологічного середовища (за щільністю індикаторів розломів сумарної картосхеми): 1 – переважно на глибину (0,8 – 1); 2 – спрямований по латералі (0,5 – 0,8); 3 – початковий по латералі (менш 0,5); 4 – сховище відходів; 5 – ділянки деталізаційних досліджень; 6 – зони потенційної міграції високомінералізованих розчинів під впливом розломів; 7 – територія міста Дніпродзержинськ

Рисунок 4.27 – Приклад визначення ділянок детальних геолого-геофізичних досліджень у локальній системі екологічного моніторингу району сховища «Сухачівське»: а – вихідна картографічна інформація другої похідної гравітаційного поля V_{zz} М 1:50000; б – картосхема щільності індикаторів розломів з ділянками деталізаційних досліджень.

Пішохідну гамма-зйомку необхідно проводити на ділянках, які виявилися аномальними при попередніх дослідженнях для уточнення розмірів та

інтенсивності аномалій. Особливо треба зробити виміри та визначити аномальну зону навколо сховищ і вниз по схилу (для ярово-балкового й схилового типів) для підтвердження наявності лише поверхневої аномалії, обумовленої особливостями конструкції сховищ та порушеннями правил експлуатації. Відбір зразків ґрунту, рослинності й води проводити згідно з радіальними маршрутами від сховищ на ділянках прогнозованої зміни геологічного середовища, що визначена за пропонованою методикою на основі геолого-геофізичної інформації.

Основним завданням екологічного моніторингу на етапі захоронення сховищ є контроль за станом відходів та захисних споруд для запобігання зміни геологічного середовища (у тому числі оцінка інтенсивності (просторово-часових та фізичних характеристик поширення) забруднення, контроль за зміною природно-техногенних умов існування сховища, контроль за властивостями відходів та ін.). На відміну від етапу експлуатації сховища, коли неможливе проведення вимірів на його поверхні, на етапі захоронення можна уникнути цих проблем, пов'язаних з боковим дослідженням джерел аномалій, у т. ч. визначення стану і властивостей відходів.

Ці та інші завдання, що наведені вище у таблиці 2.1 (підрозд. 2.1), вирішуються раціональним комплексом геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу. В процесі дослідження розроблені раціональні комплекси для 4-х типів сховищ відходів на етапі захоронення. У табл. 4.7 наведений раціональний комплекс геолого-геофізичних методів для екологічного моніторингу на етапі захоронення сховища ярово-балкового типу. Особливості полягають у зменшенні ділянок досліджень і проведенні замірів по поверхні сховища. На рисунку 4.27 наведена ділянка проведення комплексних геолого-геофізичних досліджень, пропонованих у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Раціональний комплекс геофізичних методів при вивченні території, що примикають до сховищ ярово-балкового типу на етапі їх захоронення

Вид зйомки (метод)	Масштаб	Особливості зйомки	Основні завдання, що вирішуються
Електророзвідка, ВЕЗ або електротомографія	1:5000 – 1:10000	Профілі на ділянці I, II і по поверхні сховища	Контроль за напрямком і мінералізацією водоносних горизонтів. Контроль за поширенням ореолів забруднення від сховища у верхній частині розрізу
Метод зарядженого тіла		Профілі на ділянці I	
Метод природного електричного поля		Профілі по дамбі	Визначення ділянок розповсюдження зсувів на бортах балки, встановлення місць протікань греблі та захисних споруд
Сейсмопрофілювання, КСЗ		Профілі вздовж бортів балки	
Міжсвердловинне прозвучування	1:5000 – 1:10000	Мережа сведловин на ділянці I і II	Картування ореолів забруднення від сховища у верхній частині розрізу
Пішохідна γ -зйомка	1:5000	Мережа точок на ділянці I	Контроль за радіаційним фоном
Площадний відбір зразків гірничих порід, води та рослинності для лабораторного визначення питомої активності	1:5 000 – 1:10000	Радіальні профілі з деталізацією на ділянці III	Контроль за поверхневими геохімічними та радіоактивними аномаліями

Застосування комплексу геолого-геофізичних методів буде ефективно при супроводженні інших управлінських рішень (крім захоронення) стосовно зменшення подальших змін геологічного середовища навколо промислових об'єктів (сховищ відходів). У табл. 4.8 наведені геофізичні методи для моніторингу супроводження процесу приведення геологічного середовища навколо сховищ відходів у безпечний стан.

Таблиця 4.8 – Пропонований комплекс геофізичних методів при супроводженні процесу зменшення зміни геологічного середовища навколо сховища

Управлінські рішення приведення геологічного середовища навколо сховища в безпечний стан	Комплекс геофізичних методів	Частота проведення досліджень
Встановлення очисних бар'єрів на відстані від сховища	Комплекс методів для уточнення тектонічної будови: гравірозування, магніторозвідка	Одноразово
	Комплекс детальних робіт, використовуваних для контролю зміни геологічного середовища навколо сховища: електророзвідка ВЕЗ, електротомографія, радіометричні методи, сейсмоакустичні методи з базового комплексу з урахуванням всіх джерел фізичних полів	Два рази на рік
Доповнення відходами з інших сховищ	Електророзвідка, профілі радіальні по периметру сховища для визначення стійкості греблі. Радіометричні методи в місцях проведення робіт і транспортування відходів, електророзвідка ЕП для визначення ділянок порушення пульпопроводів та греблі	Періодично в процесі проведення робіт та після завершення процесу доповнення
Імобілізація відходів Вторинна переробка відходів (чи видобуток корисних копалин)	Електророзвідка ВЕЗ, радіометричні методи для контролю стану відходів та глибини водоносного горизонту	Після завершення робіт раз на рік
Підтримка діючих сховищ у безпечному стані	Електророзвідка ЕП і ВЕЗ для контролю глибини й властивостей водоносного горизонту та гідрологічного режиму сховища, електротомографія для визначення ділянок підвищеної мінералізації водоносного горизонту, площадні радіометричні дослідження	Два або чотири рази на рік залежно від типу сховища

Отриману геофізичну інформацію в масштабах 1:200000 і 1:50000 при проведенні уточнювальних робіт необхідно використовувати для оцінки і прогнозу зміни геологічного середовища навколо промислових об'єктів та для визначення потенційних місць розташування нових об'єктів. Інформація, отримана в результаті картування, виконаного за допомогою комплексу геолого-геофізичних методів відносно потенційної зміни геологічного середовища під

дією сховищ та інших промислових об'єктів, повинна бути доступною не тільки населенню, а й управлінським структурам. Враховуючи те, що для сталого розвитку України однією із складових є соціальна, на державному рівні розглядається проблема відгуку соціуму (соціальної напруженості населення) техногенно-навантажених регіонів [25].

За Ю.Л. Ханіним, стан тривоги (або ситуативна тривожність) виникає "як реакція людини на різні, найчастіше соціально-психологічні стресори (очікування негативної оцінки або агресивної реакції, сприйняття несприятливого до себе ставлення, загрози своїй самоповазі, престижу). Навпаки, особистісна тривожність як риса, властивість, диспозиція дає уявлення про індивідуальні розходження в сприйнятті різних стресорів. Це відносно стійка схильність людини сприймати загрозу своєму "Я" в найрізноманітніших ситуаціях і реагувати на ці ситуації підвищенням ситуативної тривожності [103, 119]. Дуже висока ситуативна тривожність викликає порушення уваги, іноді порушення тонкої координації. Дуже висока особистісна тривожність прямо корелює з наявністю невротичного конфлікту, з емоційними і невротичними зривами і психосоматичними захворюваннями. Один з основних факторів зміни ступеня тривожності – отримання достовірної інформації. Важливою є інформація про довгострокове або короткочасне місце знаходження людини через можливість впливу негативних факторів на її здоров'я і тривалість життя. Оброблена геолого-геофізична інформація описує умови існування людини і впливає на ситуативну тривожність населення. Одним з пунктів актуальності регіональних геолого-геофізичних досліджень техногенно-навантажених територій є важливість надання населенню достовірної обробленої інформації відносно потенційної зміни геологічного середовища під дією техногенних об'єктів.

Дослідження проводилися серед населення Дніпропетровської області, яке мешкає в техногенно-навантажених містах: Кривий Ріг, Марганець, Орджонікідзе, Жовті Води, Вільногірськ, Дніпродзержинськ. У дослідженні брали участь 1250 осіб обох статей віком від 18 до 70 років. Використовувалася

методика діагностики самооцінки Ч. Д. Спілбергера, Ю. Л. Ханіна. Першим етапом досліджувалася зміна ситуативної тривожності при обговоренні питання потенційної зміни фізичних властивостей гірських порід та водоносних горизонтів навколо сховищ. Наявність у людей недостовірної інформації або відсутність її взагалі виражалася підвищенням тривожності у 75 % населення. На другому етапі до людей було донесено оброблену достовірну геолого-геофізичну інформацію стосовно досліджених потенційних зон та напрямків зміни геологічного середовища під дією техногенних об'єктів і можливостей геофізичних методів для попередження цих змін, що суттєво знизило тривожність і в подальшому нормалізувало психологічний стан населення. На рис. 4.28 наведені діаграми, що показують результати експерименту.

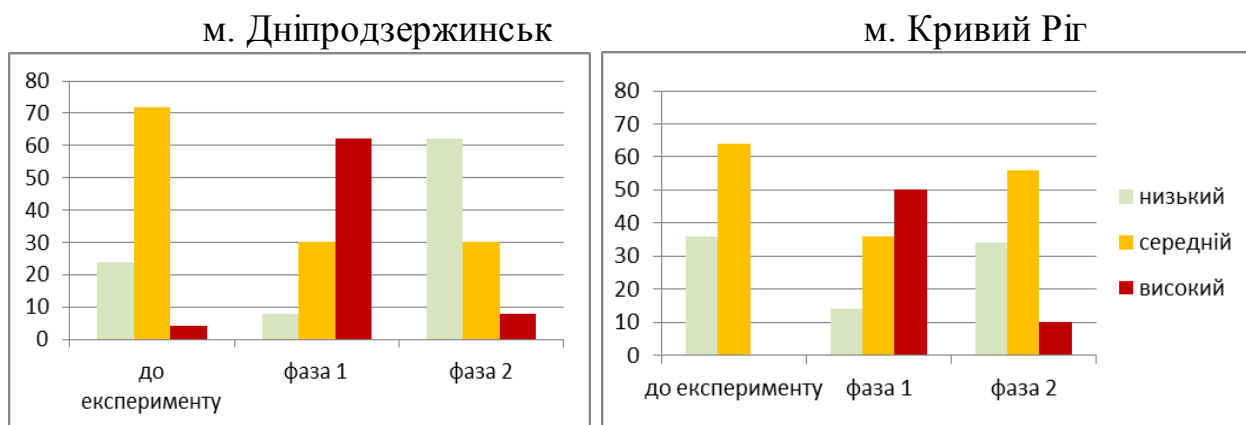


Рисунок 4.28 – Діаграми зміни рівня тривожності населення протягом експерименту з надання обробленої геолого-геофізичної інформації

Таким чином, у ході зазначених спеціалізованих досліджень виявлено, що постійне інформування людей про результати геолого-геофізичних досліджень стосовно зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів у системі екологічного моніторингу приводить до суттєвого зниження тривожності населення техногенно-навантажених територій.

ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ

1. На основі розробленого алгоритму проведений аналіз різномасштабної геолого-геофізичної картографічної інформації масштабів з 1:1000000 по 1:50000 з деталізацією на шести найбільш техногенно-навантажених ділянках Дніпропетровської області поблизу міст Дніпродзержинська, Марганця, Вільногірська, Жовтих Вод, Кривого Рогу, Орджонікідзе. На основі аналізу і побудови комплекту картосхем щільності геолого-геофізичних індикаторів систем розломів за окремими напрямками (0° , 270° , 17° , 287° , 35° , 305° , 45° , 315° , 62° , 332° , 77° , 347°) уточнені сучасні геоекологічні карти (Екологічного атласу Дніпропетровської області, 2009).

2. Для визначення особливостей застосування геофізичних методів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій проведено фізико-геологічне моделювання геологічного середовища та аномальних (забруднених) ділянках, утворених навколо сховищ відходів усіх типів на стадіях експлуатації та після заповнення у програмних пакетах IPI2WIN (BE3), TESSERAL (МП), RES2DMOD, RES3DMOD (електротомографія-2D, 3D), RES2DINV (вирішення зворотної задачі електротомографії) на прикладі Дніпропетровської області й проаналізовано більше сотні отриманих одно-, дво- і тривимірних фізико-геологічних моделей, геоелектричних розрізів і сейсмограм.

3. Аналіз результатів фізико-геологічного моделювання дозволив у подальшому визначити завдання екологічного моніторингу геологічного середовища на всіх етапах функціонування основних типів сховищ відходів, що включає: дослідження потужності осадового чохла і його окремих шарів, ділянок їх виклинування, «літологічних вікон» тощо; дослідження гідрогеологічного розрізу, у т. ч. глибин залягання і мінералізації підземних водоносних горизонтів, дослідження розвитку екзогенних процесів у районі зазначених об'єктів, що можуть впливати на якість їх функціонування та просторову зміну фізичних властивостей геологічного середовища; визначення

просторових особливостей, фізичного стану й властивостей відходів у сховищах.

4. Визначений алгоритм комплексного аналізу геолого-геофізичної, тектонічної та гідрогеологічної інформації для обґрунтування ділянок проведення геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій. Проведено обґрунтування ділянок детальних геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу геологічного середовища навколо сховищ промислових відходів (на прикладі ярово-балкового типу).

5. Обґрунтовані раціональні комплекси геофізичних методів для оцінки зміни геологічного середовища навколо основних типів сховищ (на етапах їх експлуатації та після заповнення) під дією геологічних і техногенних факторів на прикладі сховищ радіоактивних відходів поблизу Дніпропетровсько-Дніпродзеджинської агломерації, що дозволяє систематизувати проведення геолого-геофізичних досліджень, підвищити оперативність і економічну ефективність та збільшити об'єм отриманої інформації відносно оцінки геоекологічного стану територій.

6. Досліджений відгук соціуму стосовно зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів. Встановлений кореляційний зв'язок між наданням обробленої геолого-геофізичної інформації в системі екологічного моніторингу та суттєвим зниженням тривожності населення техногенно-навантажених територій.

Отже, результати досліджень свідчать про можливість ефективного використання комплексу геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу геологічного середовища техногенно-навантажених територій.

Результати відображено в публікаціях [6, 11, 13, 16, 17, 18, 24, 25, 138, 148].

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій здобувачем на основі виявлених факторів і встановлених закономірностей зміни геологічного середовища під дією промислових об'єктів розв'язане актуальне нове наукове завдання з обґрунтування і систематизації ефективного використання геолого-геофізичних методів для визначення геоecологічного стану техногенно-навантажених територій у системі екологічного моніторингу. Основні наукові й практичні результати полягають у наступному:

1. Вдосконалено та систематизовано використання геофізичних методів при проведенні екологічного моніторингу геологічного середовища техногенно-навантажених територій через встановлення й дослідження геологічних та техногенних факторів, під дією яких відбувається зміна цього середовища в районах розташування і функціонування основних типів сховищ відходів – ярово-балкових, схилових, поверхневих, приповерхневих.

2. Для обґрунтування ефективного використання комплексу геофізичних методів (у т. ч. міжсвердловинного прозвучування, вертикального електрондування та електротомографії) при дослідженні техногенно-навантажених територій побудовано та проаналізовано близько 100 модифікацій одно-, дво- та тривимірних моделей геологічного середовища в районі розташування сховищ промислових відходів, що дозволило вдосконалити та систематизувати використання цих методів у системі комплексного екологічного моніторингу геологічного середовища.

3. На основі апарату нечітких множин отриманий алгоритм обробки різномасштабної картографічної геофізичної інформації з додаванням інформації щодо геологічної будови та геоморфології УЩ, у результаті застосування якого проведено геоecологічне картування та визначені потенційні напрямки і зони просторових змін геологічного середовища навколо сховищ промислових відходів.

4. Визначені числові співвідношення «ваги» геофізичних методів при створенні детальних картосхем щільності індикаторів розломів у центральній частині Промислового Придніпров'я (зокрема «вага» гравіметричних даних становить 70 – 80 %, магнітометричних – від 22 до 25 %).

5. Для оперативного детального прогнозування змін геологічного середовища під дією промислових об'єктів у системі екологічного моніторингу визначені закономірності розподілу зон підвищеної щільності індикаторів розломів усіх азимутів простягання при укрупненні до 10 разів масштабу геолого-геофізичних досліджень.

6. На основі розробленої методики обробки картографічної геолого-геофізичної інформації внесено уточнюючі зміни до окремих карт Екологічного атласу Дніпропетровської області (2009 р.). Уточнені ділянки проведення геофізичних досліджень у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій на основі комплексного аналізу геолого-геофізичної, тектонічної та гідрогеологічної інформації.

7. Розроблено рекомендації з комплексування геолого-геофізичних методів для ефективного вирішення задач екологічного моніторингу щодо прогнозу і попередження змін геологічного середовища під дією природних і техногенних процесів навколо основних типів сховищ промислових відходів від етапу їх проектування до ліквідації. Обґрунтовано раціональний комплекс геолого-геофізичних методів для детальних моніторингових досліджень, отримання інформації з метою зниження тривожності населення та підтримування геологічного середовища в районі сховищ відходів у безпечному геоекологічному стані.

Автором дисертаційної роботи вирішені й описані всі поставлені завдання та досягнута мета досліджень. Результати досліджень є основою для використання геолого-геофізичних методів у системі екологічного моніторингу техногенно-навантажених територій та прийняття управлінських рішень щодо змін геологічного середовища від техногенної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О. М. Стратегія регіональної екологічної безпеки Івано-Франківської області [електронний ресурс] / О. М. Адаменко, Н. О. Зоріна // Перший Всеукраїнський з'їзд екологів : зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. – 2006. – С. 1–3. – Режим доступу : http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/1vze/zb_m/0005_zb_m_1VZE.pdf
2. Азімов О. Т. Ландшафтні геоіндикатори характеристик розривних порушень як основа їх вивчення дистанційними методами. Геодинамічні ознаки диз'юнктивних структур / О. Т. Азімов // Геоінформатика . – 2009. – № 2. – С. 71–79.
3. Андросова Н. К. Геолого–екологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование) : учеб. пособие / Н. К. Андросова. – Москва : РУДН, 2000. – 98 с.
4. Багрій І. Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач : монографія / І. Д. Багрій. – Київ : НАН України. Ін-т геол. наук, 2003. – 150 с.
5. Барбашев С. В. Світ атомної енергетики / С. В. Барбашев, Р. Г. Зибницький, С. А. Шимчев; під ред. С. В. Барбашева. – Вид. 2–е, переробл. і допов. – Одеса : Астропринт, 2012. – 144 с.
6. Білашенко О. Г. Залучення комплексу геолого-геофізичних методів до системи комплексного екологічного моніторингу територій, прилеглих до сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко, О. К. Тяпкін // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 4. – С. 86–91.
7. Білашенко О. Г. Геометричні особливості фізико-геологічних моделей сховищ відходів збагачення уранової сировини в Середньому Придніпров'ї / О. Г. Білашенко, П. Г. Пігулевський, О. К. Тяпкін // Науковий вісник НГУ . – 2012. – № 1. – С. 9–15. (наукометричне видання, Scopus)

8. Білашенко О. Г. До питання картування розповсюдження забруднення від сховищ відходів у верхній частині розрізу / О. Г. Білашенко // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. пр. / Ін-т геотехн. механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – Вип. 105. – С. 245–249.

9. Білашенко О. Г. Використання інформації щодо розломно-блокової тектоніки для геоecологічного зонування територій / О. Г. Білашенко // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. – № 40. – С. 13–18.

10. Білашенко О. Г. Застосування методу міжсвердловинного прозвучування для дослідження геоecологічного впливу великих техногенних об'єктів на верхню частину геологічного середовища / О. Г. Білашенко // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2014. – № 42. – С. 40–48.

11. Білашенко О. Г. Комплексные геолого-геофизические исследования радиоэкологической направленности / О. Г. Білашенко, О. К. Тяпкин // Довкілля – XXI: матеріали IV міжнарод. молодіж. наук. конф., м. Дніпропетровськ, 9-10 жовтня 2008 р. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 17–21.

12. Білашенко О. Г. Екологічне зонування території (на прикладі регіону видобування та первинної переробки уранової сировини) / О. Г. Білашенко, С. О. Кравець, О. К. Тяпкін // Екологія і природокористування: зб. наук. пр. Ін-ту проблем природокористування і екології НАН України. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 11. – С. 178–179.

13. Білашенко О. Г. К вопросу совершенствования локальной системы комплексного экологического мониторинга районов хранилищ отходов обогащения уранового сырья / О. Г. Білашенко, О. К. Тяпкин // Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології та раціонального

природокористування : матеріали міжнарод. наук.-техн. конф., м. Кривий Ріг, 19-21 березня 2009 р. – Кривий Ріг, 2009. – С. 188–191.

14. Білашенко О. Г. Геолого-геофізичне вивчення районів сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів : матеріали V міжнарод. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 06-09 жовтня 2009. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 146–148.

15. Білашенко О. Г. До питання дослідження тектонічних особливостей районів сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів : матеріали V міжнарод. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 06-09 жовтня 2009. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 153–155.

16. Білашенко О. Г. До питання використання комплексу геолого-геофізичних методів в моніторингу довкілля поблизу сховищ відходів уранового виробництва / О. Г. Білашенко // Географія, геоэкологія, геологія: опыт научных исследований : материалы VII международ. науч. конф., г. Днепропетровск, 11-14 мая 2010 г. – Днепропетровск, 2010. – Выпуск 7. – С. 104–105.

17. Білашенко О. Г. Комплексне геолого-геофізичне вивчення районів сховищ відходів уранового виробництва / О. Г. Білашенко // Довкілля – XXI : матеріали V міжнарод. молодіжн. науков. конф., м. Дніпропетровськ, 06-09 жовтня 2010 р. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 71–74.

18. Білашенко О. Г. Застосування комплексу геофізичних методів для вивчення радіоактивного забруднення поблизу сховищ відходів уранового виробництва / О. Г. Білашенко // Неделя эколога – 2010. Экологические проблемы горно-металлургических регионов. Прогрессивные информационные и технологические решения : докл. междунар. симпоз., г. Днепродзержинск, 12-15 октября 2010 г. – Днепродзержинск, 2010. – С. 91–93.

19. Білашенко О. Г. Геометричні аспекти моделювання техногенних джерел геофізичних аномалій при дослідженні хвостосховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко // География, геоэкология, геология: опыт научных исследований: материалы VIII международ. науч. конф., г. Днепропетровск, 11-14 мая 2011 г. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 8. – С. 373–374.

20. Білашенко О. Г. До питання геолого–геофізичного прогнозування потенційних напрямків розповсюдження забруднення від сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко, П. Г. Пігулевський, О. К. Тяпкін // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів : матеріали VI міжнарод. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 8-11 листопада 2011 р. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 166–168.

21. Білашенко О. Г. До питання дослідження метеорологічних факторів на забруднення територій поблизу сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко // Наукова весна – 2012 : матеріали III Всеукраїн. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 29 березня 2012 р. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 283–284. – Режим доступу: http://bg.nmu.org.ua/ua/download/NaukovaVesnaNMU_2012.pdf

22. Білашенко О. Г. Особливості використання геофізичних методів для оцінки можливого підтоплення районів сховищ радіоактивних відходів / О. Г. Білашенко // Наукова весна – 2012 : матеріали III Всеукраїн. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 29 березня 2012 р. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 286–287. – Режим доступу: http://bg.nmu.org.ua/ua/download/NaukovaVesnaNMU_2012.pdf

23. Білашенко О. Г. К вопросу использования теории нечетких множеств при оценке радиационной ситуации территории / О. Г. Білашенко, С. А. Кравец, О. К. Тяпкін // Довкілля – XXI : матеріали VI міжнарод. молодіж. наук. конф., м. Дніпропетровськ, 10-11 жовтня 2012 р. – Дніпропетровськ, 2012. – С. 101–105.

24. Білашенко О. Г. До питання використання геофізичних методів для вирішення геоекологічних завдань / О. Г. Білашенко // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк : Державний ВНЗ «ДонНТУ», 2013. – №1(32). – С. 41–46.

25. Білашенко О. Г. Використання геолого-геофізичної інформації для зниження ситуативної тривожності населення техногенно навантажених територій / О. Г. Білашенко // Наукова весна – 2013 : матеріали IV Всеукраїн. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпропетровськ, 29-30 березня 2013 р. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 217 – 218. Режим доступу: http://science.nmu.org.ua/ua/conferences/science_spring/04_pdf/07.pdf

26. Білашенко О. Г. Використання теорії нечітких множин для кількісної оцінки впливу різних факторів на просторове розповсюдження забруднення / О. Г. Білашенко // Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів : матеріали VII міжнарод. наук.-практ. конф. м. Дніпропетровськ, 08-11 жовтня 2013 р. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 224–226.

27. Білашенко О. Г. До питання використання апарату багатомірної регресії для прогнозування екотектонічної ситуації за різномасштабними даними магнітної та гравітаційної зйомки / О. Г. Білашенко // Неделя еколога – 2015 : докл. междунар. науч. симпоз., г. Днепродзержинск, 13-16 апреля 2015 р. – Днепродзержинск, 2015.– С. 179–180.

28. Білашенко О. Г. Комплексування геофізичної та гідрогеологічної інформації для крупномасштабного геоекологічного прогнозування / О. Г. Білашенко, О. О. Подвігіна // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2015. – № 46. – С. 53–62.

29. Бобачев А. А. Двумерная электроразведка методом сопротивлений и вызванной поляризации : аппаратура, методики, программное обеспечение /

А. А. Бобачев, А. А. Горбунов // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 12. – С. 52–54.

30. Бобачев А. А. Электрометрические исследования на территории хвостохранилища горно-обогатительного комбината / А. А. Бобачев, Д. А. Зайцев, И. Н. Модин // Разведка и охрана недр. — 2006. — № 12.

31. Богословский В. А. Экологическая геофизика : учеб. пособие / В. А. Богословский, А. Д. Жигалин, В. К. Хмелевской. – Москва : Изд-во МГУ, 2000. – 256 с.

32. Богословский В. А. Эколого-геофизическое картографирование / В. А. Богословский, А. Д. Жигалин // Экологическая геология и рациональное недропользование : материалы конференции, г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 262–263.

33. Бондаренко И. Л. Влияние хвостохранилищ Днепродзержинска на состояние окружающей среды / И. Л. Бондаренко // География, геоэкология, геология: опыт научных исследований: материалы VII междунар. науч. конф., г. Днепропетровск, 11-14 мая 2010 г. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 7. – С. 105–106.

34. Вахромеев Г. С. Экологическая геофизика: учеб. пособие для вузов / Г. С. Вахромеев. – Иркутск : ИрГТУ, 1995. – 216 с.

35. Ведение мониторинга геологической среды города Казани / А. И. Шевелёв, Н. И. Жаркова, Ю. П. Бубнов [и др.] // Георесурсы. – 2014. – № 3(58). – С. 3–8.

36. Веселов К. Е. Гравиметрическая съемка / К. Е. Веселов. – Москва : Недра, 1986. – 312 с.

37. Вижва С. А. Моніторинг процесів підтоплення на території національного комплексу "Експоцентр України" / С. А. Вижва, І. І. Онищук, І. В. Цюпа // Геоінформатика . – 2010. – № 1. – С. 66–71.

38. Вижва С. А. Системний моніторинг за станом геологічного середовища на території об'єктів енергетичного комплексу (на прикладі Рівненської АЕС) / С. А. Вижва, С. І. Дейнеко // Геоінформатика . – 2006. – № 1. – С. 76–81.
39. Востокова Е. А. Дистанционные методы изучения антропогенных изменений гидрогеологических условий и обеспечения охраны подземных вод / Е. А. Востокова. – Москва, 1979. – 47 с.
40. Галецкий Л. С. Региональный эколого-геохимический анализ влияния тяжелых металлов промышленных отходов на состояние окружающей среды Украины / Л. С. Галецкий, Т. М. Егорова // Екологія довкілля та безпека життєдіяльн. – 2008. – № 5. – С. 10–14.
41. Геофизические исследования скважин. Справочник геофизика. – Москва : Недра, 1983. – 591 с.
42. Гликман А. Г. Применение метода спектральной сейсморазведки для картирования тектонических нарушений и прогнозирования возможных разрушений в районе прокладки туннеля метрополитена в г. Киеве между станциями "Васильковская" – "Выставочный центр" / А. Г. Гликман, А. В. Данилов // Геоінформатика . – 2012. – № 1. – С. 39–45.
43. Голубев Г. Н. Геоэкология : підруч. для студентів вищ. Навч. закл. – Москва : ГЕОС, 1999. – 338 с.
44. Гольдберг В. М. Гидрогеологические прогнозы движения загрязненных подземных вод / В. М. Гольдберг. – Москва : Недра, 1973. – 170 с.
45. Горяинов Н. Н. Сейсмические методы в инженерной геологии / Н. Н. Горяинов, Ф. М. Ляховицкий. – Москва : Недра, 1979. – 143 с.
46. Горяинов Н.Н. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. – Москва : Недра, 1992. – 264 с.

47. Гошовський С. В. Мінерально-сировинна база України (аналіз стану та перспективи розвитку) / С. В. Гошовський // Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 8. – С. 3–10.
48. Гравиразведка: Справочник геофизика / под ред. Е. А. Мудрецової, К. Е. Веселова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – 607 с.
49. Давибіда Л. І. Дослідження геоінформаційної структури синхронності багаторічного природного режиму рівнів ґрунтових вод як основа підвищення вірогідності довгострокових прогнозів (на прикладі території Дніпропетровської області) / Л. І. Давибіда, Е. Д. Кузьменко // Геоінформатика. – 2011. – № 2. – С. 68–80.
50. Давибіда Л. І. Довгострокове прогнозування природного режиму рівнів ґрунтових вод на прикладі території Дніпропетровської області / Л. І. Давибіда, Е. Д. Кузьменко // Геоінформатика. – 2012. – № 2(42). – С. 67–76.
51. Демчишин М. Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України / М. Г. Демчишин. – Київ : Гнозис, 2004. – 214 с.
52. Довбнич М. М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы [Електронний ресурс] / М. М. Довбнич // Доповіді Національної академії наук України. – 2007. – № 11. – С. 105–112. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/dnanu_2007_11_21.pdf.
53. Довбнич М. М. О вибрационном воздействии лунно-солнечных приливов на геодинамические процессы [Електронний ресурс] / М. М. Довбнич, В. П. Солдатенко // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 12. – С. 96–100. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/dnanu_2008_12_20.pdf.
54. Довбнич М. М. Опыт прогноза трещиноватых зон при изучении нефтегазоперспективности юрских отложений Северо-Западной

Сибири [Электронний ресурс] / М. М. Довбнич, М. С. Мачула, Я. В. Мендрій // Геоінформатика. – 2010. – № 1. – С. 50–57. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/geoinf_2010_1_7.pdf.

55. Дорожинська О. О. Моніторингові задачі для оцінки рекреаційних територій / О. О. Дорожинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання : Україн. Міжвідом. наук.-техн. зб. – Львів : Львівська політехніка, 2006. – Вип. 67. – С. 60–65.

56. Евграшкина Г. П. Прогнозная оценка влияния пруда-накопителя «Свидовок» на гидрогеологические условия прилегающих территорий в Западном Донбассе / Г. П. Евграшкина, А. Ю. Омельчук // Экологические проблемы недропользования : материалы пятой междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 93–94.

57. Екологічний атлас Дніпропетровської області / [гол. ред. А. Г. Шапар] – Дніпропетровськ : Мапа ЛТД, 1995. – 25 с.

58. Экологическая карта Днепропетровской области / [гл. ред. А. Г. Шапарь]. – Днепропетровск : Монолит, 2009. – 64 с.

59. Электроразведка. Справочник геофизика / [под. ред. В. К. Хмелевского и В. М. Бондаренко]. – Москва : Недра, 1989. – т. 1. – 438 с.

60. Жибарок А. Н. Нечеткие множества и их использование для принятия решений / А. Н. Жибарок // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – № 2. – С. 109–115.

61. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – Москва : Мир, 1976. – 165 с.

62. Калашник А.А. Оценка перспектив развития промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана на территории Украинского щита / А.А. Калашник // Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 3. – С. 14–26.

63. Калашник А. А. Технология прогнозирования экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в осадочном чехле Украинского щита : монография / А. А. Калашник. – Кировоград : КЛАНУ, 2015. – 176 с.
64. Карус Е. В. Межскважинное прозвучивание / Е. В. Карус, О. Л. Кузнецов, И. С. Файзуллин. – Москва : Недра, 1986. – 148 с.
65. Кедровский О. Л. Инженерные барьеры повышенной надёжности для захоронения отработанного ядерного топлива в недрах Земли / О. Л. Кедровский, С. А. Чесноков, В. М. Фридкин // Обзорная информация. Экологическая экспертиза / ВИНТИ – РАН. – 2005. – № 4. – С. 70–96.
66. Климентов П. П. Динамика подземных вод: учебник для геологоразведочных техникумов / П. П. Климентов, В. М. Кононов. – Москва : Высш. Шк., 1973. – 440 с.
67. Комплексование геофизических методов : учеб. пособие / [А. В. Анциферов, М. М. Довбнич, А. А. Калашник и др.]. – Донецк : Вебер (Донец. фил.), 2008. – 336 с.
68. Комплексование методов разведочной геофизики: справочник геофизика / [под. ред. В. В. Бродового, А. А. Никитина]. – Москва : Недра, 1984. – 384 с.
69. Комплексование геофизических методов при решении геологических задач / [под ред. В. Е. Никитского, В. В. Бродового]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1987. – 471 с.
70. Комплексна економічна оцінка природних ресурсів : монографія / [за заг. ред. М. А. Хвесика]. – Київ : ДУ ІЕПСР НАН України, 2013. – 206 с.
71. Концептуальні положення програми переходу регіону видобування та первинної переробки уранової сировини до сталого розвитку / А. Г. Шапар, В. В. Антонов, О. К. Тяпкін [та ін.] // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ : Моноліт, 2003. – № 6. – С. 6–24.

72. Коржнев М. Н. Экологические и геолого-экономические проблемы недропользования в Украине и пути их решения / М. Н. Коржнев, М. М. Курило, Е. А. Яковлев // Экологические проблемы недропользования : материалы пятой междунар. науч. конф. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 152–155.

73. Кузьменко Е. Д. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Ч 2. Закономірності розвитку поверхневих проявів карсту та селів. Геоінформаційна система прогнозування екзогенних геологічних процесів [Електронний ресурс] / Е. Д. Кузьменко, О. М. Журавель, Т. Б. Чепурна [та ін.] // Геоінформатика. – 2011. – № 4. – С. 58–77. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/geoinf_2011_4_8.pdf.

74. Кузьменко Е. Д. Розробка методики прогнозування зсувів із застосуванням геофізичних методів [Електронний ресурс] / Е. Д. Кузьменко, І. В. Крив'юк, Л. В. Штогрин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 1(14). – С. 176–187. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/geod_2013_1_23.pdf.

75. Лаломов Д. А. Особенности совместной обработки и интерпретации данных электротомографии и георадиолокации в условиях влияния техногенных помех на объектах транспортного строительства / Д. А. Лаломов, А. И. Артюгин // Георесурсы. – 2014. – № 3(58). – С. 37–40.

76. Левашов С. П. Поиски и картирование водоносных горизонтов различной минерализации геоэлектрическими методами / С. П. Левашов, Н. А. Якимчук, И. Н. Корчагин [и др.] // Геоінформатика. – 2010. – № 2. – С. 19–25.

77. Лилиенберг Д. А. Современные тектонические движения, характер их проявления и вопросы картирования / Д. А. Лилиенберг // Проблемы неотектоники и современной динамики литосферы : матеріалі Всесоюзн. совещ. : тез. докл. – Таллин, 1982. – Т. 1. – С. 50–53.

78. Лялько В. І. Використання даних наземного та космічного моніторингу для аналізу сучасних змін клімату в Україні [Електронний ресурс] / В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, О. А. Апостолов // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2014. – № 1. – С. 20–24. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ukjdzz_2014_1_7.pdf.

79. Ляховицкий Ф. М. Инженерная геофизика / Ф. М. Ляховицкий, В. К. Хмелевской, З. Г. Яценко. – Москва : Недра, 1989. – 252 с.

80. Магниторазведка : справочник геофизика / [под ред. В. Е. Никитского, Ю. С. Глебовского]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – 470 с.

81. Мельников Н. Н. Подземное захоронение радиоактивных отходов монография / Н. Н. Мельников, В. П. Конухин, В. Н. Комлев. – Апатиты : [б. и.], 1994. – 185 с.

82. Меньшов О. І. Магнетизм верхньої частини розрізу земної кори: природна та техногенна складові / О. І. Меньшов // Вісник КНУ Тараса Шевченка. Сер. Геологія. – Вип. 1(60). – Київ, 2013. – С. 28–32.

83. Молчанов А. А. Разведочная геофизика / А. А. Молчанов, С. М. Данильев. – Санкт-Петербург, 2013. – 299 с.

84. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – Москва : Академический проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.

85. Наукові засади розробки стратегії сталого розвитку України / Б. В. Буркинський, С. К. Харічков, Л. Є. Купінець та ін. – Одеса : ІПРЕЕД НАН України, 2012. – 714 с.

86. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 р. – Київ, 2012. – 302 с.

87. Никитин А. А. Комплексирование геофизических методов : учебник для вузов / А. А. Никитин, В. К. Хмелевской. – Тверь : Издательство ГЕРС, 2004. – 294 с.

88. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебник для вузов / А. А. Никитин. – Москва : Недра, 1986. – 342 с.
89. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации / А. А. Никитин, А. В. Петров. – Москва : РГГУ, 2008. – 112 с.
90. Никифоров А. С. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов / А. С. Никифоров, В. В. Куличенко, М. И. Жихарев. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. – 183 с.
91. Николаев П.Н. Напряженное состояние земной коры и его значение для новейшей геодинамики / П.Н. Николаев // Проблемы неотектоники и современной динамики литосферы: материалы Всесоюз. совещ.: тез. докл. – Таллин, 1982. – Т. 1. – С. 57–59.
92. Никонов А. И. Структурно-линеamentный анализ как основа получения экологической информации при недропользовании / А. И. Никонов, Е. С. Шаповалова // Экологические проблемы недропользования : материалы пятой междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, 19-24 ноября 2012 г. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 211–215.
93. Новицкий Г. П. Комплексование геофизических методов разведки. – Ленинград : Недра, 1974. – 256 с.
94. Новые подходы к электрическим зондированиям горизонтально-неоднородных сред / А. А. Бобачев, М. Н. Марченко, И. Н. Модин [и др.] // Физика Земли. – 1995. – № 12. – С. 79–90.
95. Нормы : Хранение радиоактивных отходов № Ws-G-6.1. / МАГАТЭ. – Вена, 2008. – 63 с.
96. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики / А. А. Огильви. – Москва : Недра, 1990. – 468 с.

97. Омельченко В. В. Зеленокам'яні структури північного схилу Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита / В. В. Омельченко, П. Г. Пігулевський // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 6. – С. 9–13.

98. Онищук І. І. Дослідження геоекологічного стану територій розміщення гідротехнічних систем за допомогою геофізичних методів / І. І. Онищук // Геоінформатика. – 2007. – № 3. – С. 49–53.

99. Орлюк М. И. Геофизическая экология: главные задачи и пути их решения / М. И. Орлюк // Экологическая геология и рациональное недропользование : материалы конференции, г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2000.– С. 35–36.

100. Орлюк М. И. Розробка регіональної 3D магнітної моделі земної кори південно-західного краю Східно-Європейської платформи (з врахуванням сферичності Землі) / М. И. Орлюк, А. В. Марченко // Вісник Київського Національного Університету. Геологія. – 2011. – Т.54. – С. 41–43.

101. Орлюк М. И. Техногенный магнитный шум в г. Киев / М. И. Орлюк, А. А. Роменец, И. М. Орлюк // Доповіді НАН України. – 2014. – № 3. – С. 110–114.

102. Пазинич Н. В. Аналіз впливу рельєфу на поверхневий перерозподіл радіонуклідів територій, що зазнали радіаційного забруднення (на прикладі зон відчуження атомних електростанцій Чорнобиль І, Фукусіма-1) / Н. В. Пазинич, В. Є. Філіпович // Український журнал зондування Землі. – 2014. – № 3. – С. 40–43.

103. Панин Л. Е. Тревожность, адаптация и донозологическая диспансеризация / Л. Е. Панин, Г. А. Усенко. – Сибирское отделение РАМН, 2004. – 315 с.

104. Пашенцев А. И. Тенденции развития экологической ситуации в Украине / А. И. Пашенцев, О. А. Униятова // Экономика и управление. – 2010. – № 6. – С. 89–96.

105. Пігулевський П. Г. Деякі геолого-геофізичні особливості зони зчленування Придніпровського і Приазовського геоблоків УЩ (за результатами ГДП–200 Запорізького та Полтавського аркушів) / П. Г. Пігулевський, В. О. Шпильчак // Науковий вісник НГУ. – 2003. – №8. – С. 67–70.

106. Пігулевский П. И. Геолого-геофизическая модель Приазовского мегаблока Украинского щита (анализ, моделирование результаты) / П. И. Пігулевський, В. К. Свистун. – Донецк : Ноулідж (Донецк. отд.), 2014. – 207 с.

107. Пігулевский П. И. Применение аппарата теории нечетких множеств для формализации процесса геоэкологического картирования / П. И. Пігулевський, О. К. Тяпкин, О. Г. Билашенко // Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч.1., г. Воронеж, 12 ноября 2014 г. – Воронеж, 2014. – С. 57–62.

108. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии / [под. ред. Н. Н. Горяинова] // Мин-во геол. СССР; Всесоюзн.науч.-исслед. ин-т гидрогеологии и инж. геологии – Москва : Недра, 1992. – 264 с.

109. Применение геофизических методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач. – Всегингео, 1979. – 63 с.

110. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року / Верховна Рада України; Закон, Стратегія від 21.12.2010 № 2818-V

111. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних / Верховна Рада України; Постанова від 05.03.1998 № 188/98-ВР

112. Ресурсные и экологические критерии определения ассимиляционного потенциала геологической среды на примере горнодобывающих регионов Украины / Вестн. Том. гос. ун-та. – 2014. – № 387.

113. Рудько Г. І. Система обробки та аналізу даних розвідки і формування тривимірних моделей родовищ корисних копалин [Електронний ресурс] / Г. І. Рудько, В. М. Назаренко, М. В. Назаренко [та ін.] // Геоінформатика. – 2010. – № 2. – С. 26–31. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/geoinf_2010_2_5.pdf.

114. Рудько Г. І. Вивчення зсувних процесів засобами геоінформаційних систем і методами дистанційного зондування Землі (на прикладі Тернопільської області) [Електронний ресурс] / Г. І. Рудько, Ю. В. Захарчук, В. Ю. Петришин // Мінеральні ресурси України. – 2014. – № 2. – С. 27–33. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Mru_2014_2_7.pdf.

115. Рудько Г. И. Теоретические и методические аспекты исследования и контроля экологических свойств геологической среды в техногене (на примере Карпатского региона Украины) / Г. И. Рудько // Экологическая геология и рациональное недропользование: материалы конференции, г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург.–2000.– С. 40–41.

116. Сергеев Е. М. Инженерная геология / Е. М. Сергеев. – Изд. 2-е. – Москва : Изд-во МГУ, 1982. – 248 с.

117. Сергеев Е. М. Проблеми інженерної геології в зв'язку з охороною і раціональним використанням геологічного середовища / Е. М. Сергеев // Вісник МГУ. Сер. 4. Геологія. – 1987. – № 5. – С. 77–86.

118. Сорока Ю. Н. Исследование и оценка радиоэкологического состояния горнодобывающего предприятия ООО «Восток-Руда» \ Ю. Н. Сорока, Ю. Н. Рец, В. А. Гунтов // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. – № 40. – С. 160–167.

119. Спилбергер Ч. Д. Исследование тревожности (адаптация Ю. Л. Ханин) // Диагностика эмоционально-нравственного развития / [ред. и сост. И. Б. Дерманова]. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 124–126.

120. Статистичний щорічник України за 2013 рік / Державна служба статистики України; [за ред. Г. Осауленка]. – Київ, 2014. – 522 с.
121. Стратегія і тактика сталого розвитку / А. Г. Шапар, М. А. Ємець, П. І. Копач [та ін.]. – Дніпропетровськ : Моноліт, 2004. – 320 с.
122. Суржиков В. Д. Здоровье человека и факторы окружающей среды в индустриальных городах / В. Д. Суржиков, А. М. Олещенко, И. Ю. Ксенофонтова, М. С. Лапшин // Гигиена и санитария. – 2003. – № 6. – С. 85–87.
123. Тархов А. Г. Комплексование геофизических методов / А. Г. Тархов, В. М. Бондаренко, А. А. Никитин. – Москва : Недра, 1982. – 294 с.
124. Теория и методология экологической геологии / [под ред. В. Т. Трофимова]. – Москва : Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
125. Трофимов В. Т. Принципы оценки состояния эколого-геологических условий / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг // Экологическая геология и рациональное недропользование : материалы конференции, г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 335–336.
126. Трофимов В. Т. Экологическая геология: учебник / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – Москва : Геоинформмарк, 2002. – 415 с.
127. Тяпкин К. Ф. О тектонике Украинского щита по геолого-геофизическим данным / К. Ф. Тяпкин, В. А. Нечаев, В. Д. Харитонов [и др.] // Геотектоника. – 1966. – № 2. – С. 72–82.
128. Тяпкин К. Ф. Проблемы комплексирования геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых / К. Ф. Тяпкин // Принципы комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. – Владивосток, 1979. – С. 38–51
129. Тяпкин К. Ф. Системы разломов Украинского щита / К. Ф. Тяпкин, В. Н. Гонтаренко. – Киев : Наук. думка, 1990. – 184 с

130. Тяпкин К. Ф. Физика Земли / К. Ф. Тяпкин. – Киев : Вища шк., 1998. – 312 с.
131. Тяпкін К. Ф. Основи геофізики : підручник / К. Ф. Тяпкін, О. К. Тяпкін, М. А. Якимчук. – Київ : Карбон Лтд, 2000. – 248 с.
132. Тяпкин К. Ф. Новая ротационная гипотеза структурообразования и ее геолого-математическое обоснование : монография / К. Ф. Тяпкин, М. М. Довбнич. – Донецк : Вебер, 2009. – 342 с.
133. Тяпкин О. К. Тектонический фактор в экологической геологии / О. К. Тяпкин // Придніпровський науковий вісник. Сер. Геологія, географія. – 1998. – № 118(185). – С. 31–38.
134. Тяпкин О. К. Оценка радиационной ситуации юго-востока Украины / О. К. Тяпкин // Праці міжнарод. наук.-практ. конф. «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки». – Дніпропетровськ, 2001. – С. 41–44.
135. Тяпкин О. К. Геофизические методы решения геоэкологических задач / О. К. Тяпкин. – Днепропетровск : Монолит, 2006. – 296 с.
136. Тяпкин О. К. К вопросу использования теории нечётких множеств в экотектоническом картировании / О. К. Тяпкин, О. Г. Биладенко, С. А. Онищенко // Неделя эколога – 2012 : докл. междунар. симпоз. – Днепродзержинск : ДДГУ. – 2012. – С. 43–45.
137. Тяпкин О. К. Формализация процесса геоэкологического картирования по геолого-геофизическим данным / О. К. Тяпкин, П. И. Пигулевский, О. Г. Биладенко // Науковий вісник НГУ. – 2014. – № 2. – С. 93–99. (наукометричне видання, Scopus)
138. Тяпкін О. К. До питання комплексування геолого-геофізичних методів в екологічному моніторингу територій, прилеглих до сховищ промислових відходів / О. К. Тяпкін, О. Г. Біладенко // Збірник наукових праць

НГУ. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2015. – № 47. – С. 19–26.

139. Хаин В. Е. Общая геотектоника / В. Е. Хаин. – Москва : Недра, 1973. – 511 с.

140. Хаин В. Е. Общая геотектоника: Учеб. пособие для вузов / В. Е. Хаин, А. Е. Михайлов. – Недра, 1985. – 326 с

141. Хмелевской В. К. Основной курс электроразведки / В. К. Хмелевской. – Москва : Изд-во МГУ, 1975. – Ч. III. – 208 с.

142. Цицулина Н. М. Экологическая значимость техногенных, климато-геофизических и социальных факторов окружающей среды высоких широт для здоровья человека : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16 / Н. М. Цицулина. – Новосибирск, 2001. – 21 с.

143. Чебаненко И. И. Некоторые актуальные проблемы региональной геотектоники Украины / И.И. Чебаненко; отв. ред. А.В. Чекунов; АН УССР; Ин-т геофизики им. С. И. Субботина // Тектоносфера Украины : сб. науч. тр. – Киев : Наук. думка, 1989. – С. 52–55.

144. Чебаненко І. І. Розломні зони підвищеної проникності гірських порід та їх значення для виявлення екологонебезпечних ділянок / І. І. Чебаненко, В. М. Шестопалов, І. Д. Багрій [та ін.] // Доп. НАН України. – 2000. – № 10. – С. 136–139.

145. Шестопалов В. Підземні води як стратегічний ресурс [Електронний ресурс] / В. Шестопалов, В. Лялько, В. Гудзенко [та ін.] // Вісник Національної академії наук України. – 2005. – № 5. – С. 32–39. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vnanu_2005_5_3.pdf.

146. Якубовский Ю. В. Электроразведка / Ю. В. Якубовский, Л. Л. Ляхов // Учебник для техникумов. – 4-е изд., перераб. – Москва : Недра, 1982. – 381 с.

147. Atmospheric deposition: a review and assessment / J. N. Galloway, J. D. Thornton, S. A. Norton [and oth.] // *Atmosph. Environm.* – 1982. – Vol. 16, № 7. – P. 167–170.

148. Bilashenko O. G. Geophysical modernization of complex ecological monitoring system on the territory surround storages of radioactive waste / O. G. Bilashenko, O. K. Tyapkin // *Довкілля – XXI : матеріали V міжнарод. молодіж. наук. конф, м. Дніпропетровськ, 6-9 жовтня 2010 р.* – Дніпропетровськ, 2010. – С. 55–58.

149. Evaluation of tests to assess the quality of mine-contaminated soils / P. Alvarenga [and oth.] // *Environmental Geochemistry and Health Official Journal of the Society for Environmental Geochemistry and Health.* – 2008. – Vol 30, № 2, April. – P. 95–99.

150. Increase of efficiency of soil remediation near stores of radioactive wastes / O. K. Tyapkin, A. G. Shapar, M. A. Yemets, O. G. Bilashenko // *71st EAGE Conference and Technical Exhibition, Amsterdam, 8-11 June 2009.* – Amsterdam, The Netherlands, 2009. – Paper R009. – 4 p.

151. Increasing the Knowledge of Heavy Metal Contents and Sources in Agricultural Soils of the European Mediterranean Region / M. Peris [and oth.] // *Water, Air, and Soil Pollution An International Journal of Environmental Pollution.* – 2008. – Vol. 192, № 1–4, July. – P. 25 – 37.

152. Influence of Precambrian Bedrock Faults on Radioactive Pollution of an Environment – Case Histories / O. K. Tyapkin, J. G. Troyan, H. L. Bugrova. // *EAGE 61st Conference and Technical Exhibition.*– Helsinki, Finland, 1999. – Vol. 1. – Paper 4–21. – P. 4–10.

153. Makhijani A. Nuclear Dumps by the Riverside Threats to the Savannah River from Radioactive Contamination at the Savannah River Site / A. Makhijani, M. Boyd // *Environment and Pollution.* – 2005. – Vol. 12, № 2, March. – P. 22–26.

154. Neves O. Uptake of Uranium by Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Natural Uranium Contaminated Soils in Order to Assess Chemical Risk for Consumers / O. Neves, M. M. Abreu, E. M. Vicente // *Water, Air, and Soil Pollution An International Journal of Environmental Pollution*. – 2008. – Vol. 195, № 1–4, November. – P. 73–84.

155. Padgett P. E. Wet Deposition of Nitrogenous Pollutants and the Effect of Storm Duration and Wind Direction: A Case Study from Inland Southern California / P. E. Padgett, R. A. Minnich // *Water, Air, and Soil Pollution An International Journal of Environmental Pollution*. – 2008. – Vol 187, № 1–4, January. – P. 337–341.

156. Remediation of As–Contaminated Soils in the Guadiamar River Basin (SW, Spain) / J. Aguilar [and oth.] // *Water, Air, and Soil Pollution An International Journal of Environmental Pollution*. – 2007. – Vol 180, № 1. – P. 109–118

157. Removing Uranium and Radium From a Natural Water / A. Baeza [and oth.] // *Water, Air, and Soil Pollution An International Journal of Environmental Pollution*. – 2006. – Vol 173, № 1–4. – P. 57–69.

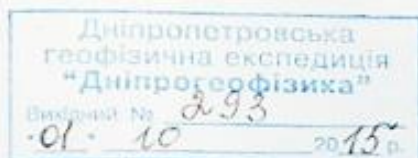
158. Zadeh L. A. Decision – making in fuzzy environment / L. A. Zadeh, R. E. Bellman // *Managen. Sci.* – 1970. – Vol. 17. – P. 141–164.



Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА ГЕОЛОГІЧНА СЛУЖБА
 ДЕРЖАВНЕ ГЕОФІЗИЧНЕ ПІДПРИСМСТВО „УКРГЕОФІЗИКА”
 ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ГЕОФІЗИЧНА ЕКСПЕДИЦІЯ „ДНІПРОГЕОФІЗИКА”
 (ДГЕ „ДНІПРОГЕОФІЗИКА”)

49057, Дніпропетровськ, вул. Геофізична, 1
 тел: (056)763-59-68, факс 763-59-68
 E – mail: dpge@ukr.net



Державний вищий навчальний заклад
 “Національний гірничий університет”

Довідка

щодо використання науково-практичних розробок

Методичні розробки аспірантки кафедри геофізичних методів розвідки ДВНЗ “Національний гірничий університет” БІЛАШЕНКО Ольги Геннадіївни щодо визначення геоecологічного стану техногенно-навантажених територій за комплексом геофізичних даних прийняті до використання в ДГЕ «Дніпрогеофізика». Зокрема, вони використані при плануванні детальних геолого-геофізичних робіт у рамках проекту: «Виявлення та картування геофізичними методами підземних техногенних пустот для прогнозування провальних-зеувних явищ та їх подальшого розвитку з метою попередження аварійно-небезпечних ситуацій на території Крибасу».

Застосування авторських методичних розробок щодо удосконалення фізико-геологічних моделей сховищ промислових відходів з урахуванням додаткових даних відносно особливостей їх розташування, конструкції та функціонування дозволяють більш ефективно вирішувати питання визначення напрямків та зон зміни геоecологічного стану прилеглих територій. Розробки Білашенко О.Г. також реалізовані у вигляді комп'ютерної програми, яка дозволяє розраховувати вірогідні просторові геоecологічні зміни геологічного середовища навколо промислових об'єктів на основі комплексної обробки картографічної інформації щодо систем розломів та окремих аномалій геофізичних полів.

Білашенко О.Г. розроблено рекомендації з комплексування геолого-геофізичних методів для ефективного вирішення задач екологічного моніторингу щодо прогнозу і попередження змін геологічного середовища під дією природних і техногенних процесів навколо основних типів сховищ промислових відходів. Ці розробки було прийнято до уваги при обґрунтуванні раціонального комплексу та визначення ділянок ефективного застосування геолого-геофізичних методів у системі комплексного екологічного моніторингу з метою підтримки геологічного середовища в районі сховищ відходів у Промисловому Придніпров'ї в безпечному геоecологічному стані.

Директор експедиції



В.К. СВИСТУН