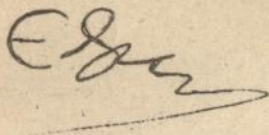


Державний комітет України по геології
та використанню надр
Івано-Франківський державний технічний
університет нафти та газу



На правах рукопису

ЯКОВЛЕВ ЄВГЕН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

МЕТОДОЛОГІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕГІОНАЛЬНИХ
ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

Спеціальність: 05.26.05 - інженерна екологія

ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття вченого ступеня доктора
технічних наук
(у формі наукової доповіді)

Київ - 1996



00759877 (0)

Робота виконана у Державному
використанню надр

Офіційні опоненти: доктор геолого-мінералогічних наук
Едуард Дмитрович Кузьменко;
доктор технічних наук
Михайло Гордійович Демчишин;
доктор технічних наук, професор
Гелій Іванович Черний

Провідна установа: Інститут екології і природокористування
Національної АН України

Науковий консультант: доктор технічних наук, академік
Нью-Йоркської академії наук,
Юрій Іванович Калюх

Захист дисертації відбудеться "20" червня 1996 р. о
"14" год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.09.02.02
в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і
газу, за адресою: 284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Івано-Франківського
державного технічного університету нафти і газу за адресою:
284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "6" травня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, д.т.н., професор Б.І. Навроцький

ЛННБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Україна відноситься до країн з інтенсивним розвитком промислових і сільськогосподарських галузей економіки, а також високою густиною населення. З площею 603 тис. кв. км і населенням більше 50 млн. чол. на її території розробляються більше 5 тисяч родовищ корисних копалин, використовується щорічно до 35 млрд. куб. м водних ресурсів, 170 млн. тонн вугілля, 45 млн. тонн нафти, 120 млрд. м³ газу, оброблюється більше 40 млн. га земель із застосуванням до 17 млн. тонн добрив і 190 тис. тонн ядохімікатів. Функціонування більше 25 тис. господарських об'єктів приводить до щорічного формування 1,5 млрд. тонн відходів, 20 млрд. куб. м стічних вод, до 12 млн. тонн повітряних викидів. Високі техногенні навантаження на верхню зону літосфери і підземну гідросферу обумовлюють практичну необхідність і актуальність достовірної оцінки регіональних змін геохімічних, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов України та їх випереджаючого прогнозу стосовно до схеми розвитку економіки і умов життєдіяльності.

В прийнятих Верховною Радою України Законі про охорону природи (1993 р.), Кодексі про надра (1994 р.), Постанові Кабінету Міністрів України "Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища" (1993 р.) визначені напрями вдосконалення природоохоронної діяльності в державі і поставлені задачі охорони і раціонального використання надр і землі, як головних факторів екологічної стійкості літосфери - найважливішого елементу навколишнього природного середовища, а також попередження небезпечних геологічних процесів. В зв'язку з цим актуальність виконаних досліджень визначається гострою необхідністю оцінки геохімічних, інженерно-геологічних і гідрогеологічних параметрів основних техногенно-геологічних систем (ТГС) "об'єкт - геологічне середовище" України і розробки науково-методичних основ національного використання і охорони геологічного середовища (ГС).

Мета і задачі роботи: вирішення актуальної наукової проблеми, пов'язаної з розробкою теорії та методології оцінки регіональних змін геологічного середовища України, його екологічних параметрів з використанням методів геохімії, гідрогеології, інже-

нерної геології, геофізики, а також підвищення ефективності еколого-геологічних робіт, які виконуються у складі екологічного моніторингу територій, геологічного вивчення родовищ мінеральної сировини, нафти та газу, підземних вод, спеціальних еколого-геологічних досліджень.

В зв'язку з цим в дисертаційній роботі поставлені такі проблеми.

1. Виявлення регіональних закономірностей стану геологічного середовища України; оцінка регіональних техногенних змін геохімічних, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов.

2. Обґрунтування наукових та методичних аспектів дослідження регіональних змін геохімічних, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов України під впливом техногенезу.

3. Розвиток уявлень про типові ТГС, розробка їх класифікації з удосконаленням методики оцінки геохімічних, інженерно-геологічних і гідрогеологічних параметрів для підвищення достовірності прогнозів зміни ГС та оптимізації схем розташування господарських об'єктів.

4. Розробка оптимального комплексу досліджень екологічного стану ГС при вивченні регіональних ТГС відповідно до умов різних структурно-геологічних регіонів країни.

5. Удосконалення теорії та методики дослідно-фільтраційних, інженерно-геологічних, радіогідрогеохімічних робіт і інтерпретація їх результатів з урахуванням специфічних параметрів крупних ТГС, які мають народногосподарське значення.

6. Технічне обґрунтування параметрів моделей (геохімічних, гідрогеоміграційних та ін.) екологічного стану ГС в зоні впливу АЕС.

Теоретичне значення і наукова новизна роботи. Наукова новизна роботи полягає в розробці наукових та методичних основ регіональних змін ГС України на прикладах ТГС різного масштабу, цільового та функціонального призначення. Вперше обґрунтовані теоретичні положення та технічні чинники для вирішення принципово нового класу екологічних задач на основі застосування нових параметрів регіональних техногенних змін ГС України з метою його раціонального використання і охорони, розв'язання актуальних практичних задач цього напрямку, створення і впровадження в наукові геологічні дослідження і геологорозвідувальні роботи нових методик розрахунку (аналітичних, картографічних, балансових та

ін.) і обробки результатів.

В дисертаційній роботі одержані такі результати.

1. На основі узагальнення і сучасного аналізу стану верхньої зони літосфери побудовано комплект регіональних карт, які характеризують екологічний стан ГС, встановлено провідний вплив параметрів ГС на формування характеристик навколишнього природного середовища в більшості регіонів України.

2. Вперше виконана регіональна екологічна оцінка взаємодії геологічного середовища і біосфери України в умовах техногенезу.

3. Виділені основні фактори і встановлені закономірності регіональних змін геохімічних, гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов території України під впливом господарської діяльності, що відображені:

- в розробці і складанні серії спеціалізованих гідрогеологічних, інженерно-геологічних та комплексних еколого-геологічних карт, які характеризують основні параметри стану і процеси в ГС;

- в порівняльній оцінці природних і техногенних змін ГС, інженерно-геологічних, геофільтраційних, геохімічних, енергетичних та інших процесів, що в ньому відбуваються;

- в оцінці умов природної захищеності підземних вод від міграції радіонуклідів та стану ГС в зонах впливу різних АЕС;

4. Проведена технічна параметризація ГС і апробація розрахункових схем екологічного впливу АЕС на геологічне середовище, в тому числі внаслідок:

- формування радіогеохімічного поля за рахунок повітряних викидів радіонуклідів;

- змін гідрогеотермального режиму верхньої зони літосфери при будівництві і експлуатації об'єктів;

- комплексного впливу екзогенних геологічних процесів (карст, діапірізм) та сейсмогеофізичних явищ.

5. Розроблені технологічні схеми та технічні параметри досліджень регіональних ТГС, методологія комплексування різних видів досліджень; на їх базі вперше виконана прогнозна оцінка стану ГС в зонах впливу крупних техногенних об'єктів з метою оптимізації моніторинга ГС (Крим, Полісся, Придніпров'я).

6: Вперше виконана регіональна екологічна оцінка впливу комплексних техногенних змін ГС, як мінеральної основи біосфери, на стан здоров'я населення.

Автором підготовлено і впроваджено ряд нових рекомендацій по удосконаленню методики гідрогеологічних, інженерно-геологічних, геохімічних і зйомочних робіт з урахуванням комплексного впливу природних і техногенних факторів на формування ТГС.

На захист виносяться такі положення:

1) класифікація регіональних техногенних геохімічних, гідро-геологічних, інженерно-геологічних умов геологічного середовища України, їх теоретичне узагальнення з метою наукового обґрунтування підходів до оцінки стану та прогнозу змін, формування концепції еколого-геологічних робіт;

2) закономірності розвитку техногенно-геологічних систем (ТГС) "техногенний об'єкт - геологічне середовище", в межах яких сукупність внутрішніх та зовнішніх процесів формує енергетичну основу функціонування ГС; система класифікації різних ТГС, пов'язаних з впливом господарчої діяльності на геохімічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні та геофізичні параметри верхньої зони літосфери та зони взаємодії з біосферою, поверхневою гідро-сферою та атмосферою;

3) теоретичне обґрунтування та методологія еколого-геологічних досліджень з використанням методів ландшафтно-геохімії, гідрогеофільтраційних, геоміграційних та інженерно-геологічних технологій;

4) розробка нових методів та технологій обробки і інтерпретації інформації про екологічний стан ГС, обґрунтування методології оцінки еколого-геологічного ризику території з використанням комплексної інформації регіонального моніторингу стану ґрунтів, підземних вод, прояву екзогенних геологічних процесів, зв'язку еколого-геологічних карт різного масштабу;

5) методика радіоекологічного моніторингу та оцінки технологічних параметрів ГС складних техногенно-геологічних систем (ТГС) "АЕС - ГС" з розробкою системи оцінки геохімічної, гідрогеологічної, інженерно-геологічної, геофізичної інформації, яка забезпечує отримання більш комплексних та ймовірних параметрів еколого-геологічних умов територій зони впливу атомно-енергетичних об'єктів.

Вірогідність одержаних автором результатів і висновків по регіональних еколого-геологічних оцінках і коротко-середньотермінових прогнозах екологічних параметрів ГС підтверджується задовільним збігом даних, одержаних різними методами, з даними

регіонального моніторингу ГС, а також розрахункових і натурних закономірностей розвитку ТГС (аналітичні, трендові статистичні оцінки геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних параметрів), збігом з існуючими в літературі оцінками ГС для аналогічних ТГС, а також перехідними параметрами суміжних середовищ (пилові атмосферні випадіння, осідання водних суспензій та ін.).

Практичне впровадження роботи. Виконані виробничі, науково-методичні і теоретичні розробки використані:

- в методичних галузевих і міжгалузевих документах Держкомгеології України, що регламентують проведення спеціалізованих гідрогеологічних, інженерно-геологічних, гідрогеохімічних (включаючи радіогеохімічні), еколого-геологічних робіт по вивченню геологічного середовища;

- при формуванні еколого-геологічного напрямку робіт Держкомгеології України та координації їх з дослідженнями НАН України, Держводгоспу України, Мінекобезпеки України та ін.;

- для випереджаючого вивчення стану і регіональних змін геологічного середовища при розташуванні крупних водогосподарських систем, АЕС, оцінці стану регіональних ТГС Донбасу, Придніпров'я, Прикарпаття, розробки системи моніторингу геологічного середовища України.

Результати досліджень використані:

- при проектуванні і виконанні територіальними держгеолпідприємствами Держкомгеології інженерно-геологічних, гідрогеологічних, еколого-геологічних (включаючи радіогеохімічні) виробничих і тематичних робіт, виконанні спеціалізованих зйомок ТГС Донбасу, Причорномор'я, де автор був методичним керівником чи виконавцем;

- геологічними і природоохоронними установами ряду країн СНД при вивченні інженерно-геологічних, інженерно-сейсмогеологічних і гідрогеологічних умов при розташуванні АЕС, прогнозі радіогеохімічної і еколого-геологічної обстановки, для оцінки захищеності підземних вод;

- для інтерпретації геофізичних, геохімічних, еколого-геологічних даних при побудові достовірних моделей ТГС Кримської, Південно-Української, Рівненської і Чорнобильської АЕС, обґрунтування заходів по охороні геологічного середовища і підземних вод країни.

Економічний ефект від впровадження і реалізації виконаних досліджень при гідрогеологічних, інженерно-геологічних і еколого-геологічних роботах, підтверджений тільки актами і довідками виробничих організацій. Держкомгеології України, становив близько 2,5 млрд. крб. на 1995 р., без урахування народногосподарського ефекту від випереджаючого вивчення стану геологічного середовища при виборі схем безпечного розташування крупних техногенних об'єктів.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних, всесоюзних, республіканських, територіальних і галузевих конференціях, нарадах, семінарах, в тому числі на XXVII (Москва, 1984 р.) XXVIII (Вашингтон, 1989 р.), XXIX (Киото, 1992 р.) Міжнародних геологічних конгресах, на міжнародних семінарах ЮНЕСКО по охороні геологічного середовища і водних ресурсів (Київ, 1984 р., 1994 р.; Ялта 1985 р.), на I Всесоюзній гідрогеологічній конференції (Москва, 1982 р.), на засіданнях Наукової Ради по інженерній геології і гідрогеології АН СРСР (Одеса, 1983; Москва, 1984, 1985, 1986, 1989 р.р.), Бюро МРССБ при Президії АН СРСР (Москва, 1987, 1988 р.р.), на Всесоюзному симпозиумі "Наукові основи оптимізації, прогнозу і охорони природного середовища" (Москва, 1986; Иркутск, 1986 р.р.), на Всесоюзній конференції "Основні напрямки і проблеми розвитку енергетики СРСР на перспективу" (Київ, 1988 р.), на Всесоюзній нараді "Ізотопи в гідросфері" (Кам'янець-Подільський, 1985 р.), на Всесоюзному з'їзді інженерів-геологів, гідрогеологів, кріологів (Київ, 1988 р.), на республіканських семінарах "Основні заходи по оптимальному режиму підземних вод на типових водогосподарських об'єктах України" (Київ, 1986 р.), "Удосконалення методики прогнозування умов захоронення промстоків в глибокі водоносні горизонти з урахуванням їх енергетичних і фільтраційних параметрів" (Київ, 1981 р.), "Проблеми гідрогеології в зв'язку з охороною підземних вод на території України" (Київ, 1987 р.), на міжнародних конференціях з проблем Чорнобильської аварії (1986 - 1994 р.р., Київ, Чорнобиль, Женева, Відень та ін.), на комісіях Рад Міністрів СРСР і України по Рівненській, Чорнобильській, Кримській, Південно-Українській АЕС (Москва, Київ, 1981 - 1994 р.р.), неодноразово експонувалися на ВДНГ СРСР і УРСР, відзначені бронзовою медаллю ВДНГ СРСР (1979 р.), Премією Ради Міністрів СРСР (1991 р.) і Дипломом XXVII МГК (1984 р.).

В повному об'ємі дисертаційна робота доповідалась на засіданні наукового семінару Інституту гідромеханіки НАН України під керівництвом проф. Калюха Ю.І. (1995 р.), на науковому семінарі Івано-Франківського державного технічного університету нафти та газу під керівництвом проф. Рудько Г.І. (Івано-Франківськ, 1995 р.), на засіданні наукової ради ВСЕГІНГЕО під керівництвом академіка РАЕН проф. Вартаняна Г.С. (Москва, 1995 р.).

Публікації. Результати досліджень, виконаних автором дисертації, відображені в 73 опублікованих роботах, 64 із яких, що містять основні розроблені наукові положення і виробничо-методичні рекомендації, розміщені в списку опублікованих робіт в кінці доповіді. Роботи опубліковані у вигляді розділів в монографіях, методичних посібників по виконанню еколого-геологічних робіт, розрахунків полігонів закачки шахтних вод в глибокі водоносні горизонти, оцінки інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов розташування АЕС, статей, доповідей, тезисів доповідей, в тому числі 5 робіт, опублікованих за кордоном.

Роботи [1-5, 13, 15-17, 26-27, 29, 37, 41, 42, 44-46, 49, 51-53, 55, 57, 59, 64] автором виконані самостійно. Крім того, автором виконано в співавторстві роботи [6-12, 14, 18-25, 28, 30-36, 38-40, 43, 47-48, 50, 54, 56, 58, 60-63]; в цих роботах співавтори брали участь в обговоренні результатів досліджень.

Обґрунтуванню автором принципів положень щодо методології вивчення і оцінки параметрів ГС і ТГС для території України, формуванню його поглядів на екологічні параметри геологічного середовища і їх місце в системі екологічних параметрів навколишнього природного середовища сприяло багаторічне творче співробітництво з спеціалістами Національної Академії наук України, Мінчорнобилю, Мінекобезпеки, Мінздоров'я, Держводгоспу, Держкомгідромету, Держкоммістобудування України, ВСЕГІНГЕО, МДУ, АНРФ, Українського державного Інституту мінеральних ресурсів (УкрДІМР), виробничих геологічних підприємств "Геопрогноз", "Геоінформ" та ін. Держкомгеології України, яке своєю результативністю у вирішенні принципів задач сприяло появі даної роботи. Всім їм автор висловлює глибоку вдячність, особливо своїм учителям - академіку Є.М.Сергєєву і професору С.А.Шагоянцу, які визначили багато в чому авторське розуміння провідної ролі геологічного середовища в формуванні екологічних умов навколишнього середовища, його основного зв'язку з геохімією, гідрогеологією і інженерною геологією, вимог

до комплексності вивчення взаємодії ГС з гідросферою, атмосферою, біосферою, точності оцінок і висновків з урахуванням динаміки ТГС, природних і техногенних факторів їх формування. Автор щиро вдячний Гавриленку М.М., Зарицькому О.І., Бялюку Б.О., Шестоपालову В.М., Дробноходу М.І., Язвину Л.С., Гольдбергу В.М., Шеко А.І., Вартаняну Г.С., Шпаку А.А., Островському Л.О., Галецькому Л.С. за дружню допомогу і багаторічну увагу до постановки і проведення екогеологічного циклу робіт на території України; Брагіну Ю.М., Луцику А.В., Фіалко А.І., Кузьменко Е.Д., Огнянику Н.С., Ситникову А.Б., Рудько Г.І., Адаменко О.М., Лялько В.І., Кухару В.В., Великому Г.І., Лютому Г.Г., Почтаренку В.І., Слядневу В.О., Пишної Н.Г., Островському В.Н. за цінні поради та ділові рекомендації і критику. Автор дякує усім співробітникам гідрогеологічних і інженерно-геологічних відділів, лабораторій і партій, УкрДІМР, "Геопрогноз" і "Геоінформ" за допомогу в проведенні робіт і обробці їх результатів. Автор вдячний своєму науковому консультанту академіку Нью-Йоркської АН, професору, д.т.н. Калюху Ю.І.

ВСТУП

Концепція геологічного середовища як підгрунтя самостійного напрямку інженерної геології та гідрогеології сформувалась в кінці 70-х років, коли на XXVI Міжнародному геологічному конгресі (Париж, 1980 р.) російські, українські та інші вчені країн СНД виступили з пропозицією визначити інженерну геологію відповідальною за вивчення геології навколишньої сфери. За визначенням академіка Сергієва Е.М. "під геологічним середовищем слід розуміти верхню частину літосфери, яка розглядається як багатокomпонентна динамічна система, що знаходиться під дією інженерно-господарської діяльності людини і, в свою чергу, в певній мірі, визначає цю діяльність". Становлення і сучасний розвиток цього напрямку, його екологічних аспектів зв'язано, в першу чергу, з фундаментальними роботами В.І.Вернадського, О.Є.Ферсмана, Е.М.Сергієва, І.В.Попова, А.В.Сидоренко, Л.О.Чижевського, О.П.Яншина, М.В.Петрянова-Соколова, О.О.Молчанова, В.О.Ковди, М.М.Будіко, Ф.М.Вочевера, М.М.Біндемана. Великий вклад в розробку геохімічних, інженерно-геологічних та гідрогеологічних питань, які формують комплексну оцінку основних параметрів геологічного сере-

довища, сучасних геотехнічних систем і еколого-геологічних критеріїв, внесли В.Т.Трофимов, Є.П.Емельянова, О.Є.Бабинець, В.Д.Ломтадзе, Г.К.Бондарик, В.М.Гольдберг, Л.С.Язвин, В.С.Ковалевський, А.І.Шеко, Н.В.Роговська, В.В.Контцель, І.П.Зелінський, І.В.Зелінін, Д.І.Пересунько, М.І.Дробноход, І.С.Зекцер, В.М.Шестаков, В.М.Шестопапов.

Із зарубіжних вчених, в роботах яких розглядаються еколого-геологічні аспекти, слід відзначити Ж.Фріда, П.Лукнера, Р. де Віста, С.Джейкоба, М.Хантуша, П.Бертоса, Д.Радда, С.Сігнера, С.Газди, Б.Пелікана, І.Агесса та ін.

Розширенню уявлень про геологічне середовище, сучасному розвитку теоретичних положень і методики його вивчення сприяли дослідження Г.С.Вартаняна, Є.Ф.Шнюкова, В.Д.Бабушкіна, Л.О.Островського, І.В.Соботовича, В.І.Лялько, А.Б.Ситникова, М.С.Огняника, А.В.Лущика, Є.П.Тихоненкова, В.І.Морозова, Є.П.Котелевца, О.М.Антропцева, В.В.Гудзенко, А.І.Оставненко, О.М.Адаменко, Г.І.Рудько, Е.Д.Кузьменко та ін. На формування уявлень автора про геологічне середовище, характер взаємодії в ній природних і техногенних процесів дуже вплинули роботи з проблем охорони оточуючого середовища О.О.Молчанова, М.І.Будико, М.В.Петрянова-Соколова, В.А.Анучина, В.М.Куніна, В.О.Ковди, Ю.А.Ізраєля, Д.Л.Арманда, Л.Д.Білого, М.В.Раца, Л.Г.Руденко, А.Г.Шаларя, Палієнко В.П., Шевченко В.О. та ін.

Широке застосування в останні роки при оцінці техногенних змін верхньої зони літосфери, визначенні границь техногенно-геологічних систем знаходять геофізичні і геохімічні (включаючи радіоізотопні) методи (М.О.Огільві, Л.С.Галецький, О.М.Адаменко, М.І.Горяінов, Т.А.Грязнов, В.А.Поляков, В.Т.Дубинчук, М.М.Шарапанов, В.І.Чубаров, О.М.Мельничук, Т.В.Плугіна, В.Д.Кузьменко).

Слід відзначити прискорене зростання за останні роки ролі геохімічних досліджень в формуванні екологічних параметрів геологічного середовища, особливо в техногенно-геологічних системах (ТГС), промислово-міських, гірничо-промислових, атомно-енергетичних агломерацій.

Проблема охорони, раціонального використання і інженерного захисту геологічного середовища, починаючи із 70-х років, набула для України загальнодержавного значення і зайняла провідне положення в комплексі природоохоронних задач. Основною причиною посилення техногенних змін геологічного середовища країни в цей пері-

од є різке розширення спектру господарчого впливу на верхню зону літосфери внаслідок розвитку гірничої, енергетичної, меліоративної, хімічної, нафтогазової та ін. галузей. Це обумовило розробку нових правових, економічних і технічних засобів оцінки взаємодії людини з геологічним середовищем, а також удосконалення методики вивчення головних процесів його формування. З кінця 70-х років до теперішнього часу на території України в результаті досліджень Національної АН України, працівників виробничих об'єднань та інститутів Держкомгеології, в тому числі і автора, накопичено і в різноманітній формі (монографії, статті, карти)-узагальнено великий фактичний матеріал з оцінки стану ГС країни та її регіональних техногенних змін. Це дозволило вирішити ряд практичних задач по оптимальному розміщенню господарських об'єктів з урахуванням випереджаючої оцінки стану геологічного середовища та процесів, що в ньому протікають. В результаті застосування методичних положень оцінки стану ГС і принципів формування ТГС в комплексі геологорозвідувальних робіт (галузь "Гідрогеологічні і інженерно-геологічні роботи") остаточно визначився геологічний напрям, який має свій предмет та метод досліджень і включає в себе: теоретичні положення про формування геологічного середовища і техногенно-геологічної системи "об'єкт - ГС", поняття про основні параметри ГС і ТГС, принципи, структуру і методику одержання і обробки інформації. Принципове положення про геологічне середовище, сформульоване Є.М.Сергєєвим, В.Т.Трофимовим, А.І.Шеко і О.М.Адаменко, - це його соціально-природний характер, обумовлений взаємодією соціальних і природних законів внаслідок господарчого освоєння літосфери.

Нагальні потреби у випереджаючому і комплексному вивченні ГС для надійного розташування техногенних об'єктів обумовили не тільки зростання обсягів робіт з оцінки їх стану, але й впровадження з початку 80-х років методів математичного моделювання, котрі забезпечували комплексне застосування методів геофільтрації і геомеханіки (Д.Р.Литвак, В.М.Лівшиць, В.М.Шестопалов, М.І.Дробноход, М.С.Огняник, А.Б.Ситников). Однак досвід показав, що комплексний прогноз геологічного середовища регіону або крупної ТГС потребує вивчення як гідрогеологічних, інженерно-геологічних, гідрогеохімічних факторів, так і геофізичних полів, сейсмічності, радіогеохімії та інших дисциплін.

1. ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ПОНЯТТЯ В ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

В теперішній час одне із найважливіших, але недостатньо розроблених, це питання понятійно-термінологічної забезпеченості цих досліджень.

Тому в цій роботі, щоб уникнути різночитання в еколого-геологічних дослідженнях, подаються визначення понять, використаних тут спеціальних термінів, враховуючи існуючі їх тлумачення та авторське сприймання. Ці понятійно-термінологічні дефініції мають рекомендаційний, а не нормативний характер, але, як вважає автор, вони можуть бути певною сходинкою для подальшого розвитку теорії і практики еколого-геологічних досліджень. Нижче подані основні поняття, що введені автором до розгляду [14, 18, 21, 23, 29, 34-39, 44, 47, 50, 59].

Техногенно-геологічна система (ТГС) - це просторово-оконтурена система взаємодії об'єктів геологічного середовища з техногенними об'єктами, яка характеризується відносною самостійністю, однастайністю і специфікою виявлення кількісних і якісних змін в геологічному середовищі.

Поняття про ТГС є відкритим, що дозволяє їх виділяти і досліджувати на регіональному, територіальному і об'єктному рівнях. В межах ТГС зміна геологічного середовища відбувається під впливом комплексу техногенних факторів, котрі можна підрозділяти на такі групи:

- хімічні, що обумовлюють забруднення ГС за рахунок надходження в ґрунти, підземні і поверхневі води і донні відклади (верхня зона літосфери) тяжких і токсичних металів, сполук, відходів і т.д.;

- фізичні, що відображають переважно розвиток техногенних полів (теплових, магнітних, електричних, гравітаційних, радіаційних та ін.), наслідком яких може бути порушення динаміки природних або виникнення техногенних процесів;

- механічні, переважно зв'язані з видобутком корисних копалин, експлуатацією підземних вод, розташуванням інженерних споруд, що спричиняють порушення балансу маси в масивах порід.

Вплив зазначених факторів в багатьох раз збільшується при розвитку небезпечних природних геологічних процесів - землетрусів,

зсувів, карсту, селів, просядок та інших.

Зараз на території України склався цілий ряд складно побудованих регіональних техногенно-геологічних систем, таких як Донбас, Крим, Прикарпаття, Кривбас, Полісся та ін. В свою чергу регіональні ТГС сформовані з територіальних і локальних (місцевих) ТГС в районах:

1. Промислово-міських агломерацій (м. Київ, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Донецьк та ін.).

2. Аграрно-промислових та водно-меліоративних агломерацій або зон (Центральне і Східне Причорномор'я, Придніпров'я, Крим та ін.).

3. Територіально-промислових комплексів, в тому числі:

3.1. Гідротехнічних (каскад водосховищ на рр. Дніпро, Дністр та ін.).

3.2. Гірничопромислових (Горловсько-Єнакієвський, Лисичанський, Комунарський, Павлоградський, Криворізький та ін.).

3.3. Тепло-, атомно-енергетичних (Північний - Чорнобильська, Хмельницька, Рівненська АЕС, Трипільська ГРЕС; Південний - Запорізька і Південно-Українська АЕС, Криворізька ГРЕС та ін.).

Екогеологія (екологічна геологія) - розділ геології, що вивчає склад, властивості, стан і можливі зміни геологічного середовища як найважливішого компонента екосистем (екологічних систем). В екогеології, на відміну від геології, розглядають лише ті зв'язки, які мають відношення до організмів. В зв'язку з тим, що в екогеології, як науці, предметом вивчення є геологічні об'єкти (масиви гірських порід, геоструктури, підземні води, зони аерації і т.д.), використовуються при цьому методи, що застосовуються в геології (геохімії, гідрогеології, інженерній геології, геофізиці).

Еколого-геологічні дослідження - комплекс польових, лабораторних, полігонних, камеральних, науково-виробничих робіт по вивченню і прогнозуванню кількісних і якісних змін об'єктів геологічного середовища, перш за все рівня і характеру його забруднення, з метою обґрунтування заходів щодо попередження і захисту від негативного впливу на нього діяльності людини і раціонального природовикористання.

Моніторинг геологічного середовища - система періодичного чи постійного виміру, визначення параметрів, оцінки, прогнозу і контролю стану геологічного середовища з метою розробки заходів

по запобіганню негативного впливу на нього природних і антропогенних факторів і раціональному використанню його ресурсів. Моніторинг геологічного середовища є складовою частиною моніторингу навколишнього природного середовища.

Прогноз змін геологічного середовища (еколого-геологічний прогноз) - передбачення змін в верхній зоні літосфери внаслідок як прямого впливу людської діяльності, так і віддалених його ефектів, іноді близьких по величині до природних.

Еколого-геологічна карта - картографічне відображення природних і антропогенних об'єктів геологічного середовища, також процесів і явищ, що характеризують існуючі і прогнозні кількісні і якісні їх зміни під впливом діяльності людини. По змісту вони можуть бути:

1) загальноекологічні, з показом основних характеристик природних і антропогенних об'єктів і показників їх техногенної зміни (гіпсометрія, гідромережа, геологічна будова, водоносні горизонти, слабопроникні шари, елементи тектоніки, рівні підземних вод, хімічний склад підземних вод, показники забруднення ґрунтів, підземних вод та ін.);

2) компонентні (спеціалізовані) - еколого-ландшафтні, еколого-геохімічні, еколого-гідрогеологічні, еколого-інженерно-геологічні, динаміки еколого-геологічних змін та ін.

Ландшафт геохімічний - природний або антропогенний ландшафти (або їх парагенетична сукупність), які відрізняються єдністю умов, специфікою міграції і просторового розподілу хімічних елементів і сполук. Геохімічний ландшафт є основним об'єктом геохімії ландшафту.

Ландшафтно-геохімічний елемент - мінімальний за розміром ділянку поверхні, який має однорідну форму рельєфу, однаковий склад, кількість хімічних елементів ґрунтів та тип їх міграції.

Ландшафт техногенний - різновидність антропогенного ландшафту, формування якого зв'язано з впливом геохімічних засобів (порушення земель, рослинності, підтоплення територій, забруднення промисловими викидами і т.д.).

Параметри геологічного середовища - кількісні показники структури і властивостей геологічного середовища в природних або ж порушених людською діяльністю умовах.

Самоочищення геологічного середовища - сукупність процесів

відновлення природних властивостей забруднених об'єктів геологічного середовища шляхом руйнівної, сорбуючої або збиральної дії на забруднювачі природних фізичних, хімічних і біохімічних факторів.

Навантаження на геологічне середовище - міра антропогенної дії на геологічне середовище, що являє собою сукупність об'єктів, процесів і явищ, які виникають під впливом людської діяльності і викликають зміну структури, властивостей і функцій геологічного середовища в цілому або окремих його об'єктів.

Гранично-допустиме еколого-геологічне навантаження - таке навантаження, перевищення якого зумовлює руйнування або порушення його структури, зв'язків, функцій і процесів саморегуляції, що приводить до незворотних наслідків і відповідних змін всієї геосистеми.

Небезпека геологічного середовища - природний або слабо порушений стан верхньої зони літосфери, при якому можливі виникнення та прояв геологічних явищ та процесів, здатних вражати людей, спричиняти матеріальні збитки, порушувати об'єкти життєдіяльності.

Екологічний ризик геологічного середовища (еколого-геологічний ризик) - вірогідність передбачених, випадкових, поступових або катастрофічних порушень природних умов геологічного середовища (в загальному плані - темп розвитку дії небезпеки геологічного середовища).

Екологічна стійкість геологічного середовища - його здатність як складової частини екосистеми, зберігати свою природну структуру, функціональні особливості і властивості саморегуляції під дією зовнішніх і внутрішніх збурень природного і антропогенного походження. Оцінка екологічної стійкості геологічного середовища зараз - досить складне і недостатньо розроблене питання екогеології.

Зв'язки геологічного середовища - взаємовідносини між окремими компонентами, які характеризуються адекватною реакцією одного із компонентів на зміну геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та ін. умов.

По направленості просторової дії зв'язків виділяються зв'язки вертикальні і горизонтальні.

Фоновий вміст речовини (в геологічному середовищі) - середня величина вмісту хімічних елементів і їх сполук (речовин) в тому

чи іншому об'єкті (компоненті) геологічного середовища або його частини в момент часу, який вважається початком можливої чи установленної його зміни (збільшення чи зменшення). Для оцінки антропогенних змін геологічного середовища дуже важлива інформація про так званий природний фоновий вміст речовин, тобто в непорушних господарською діяльністю людини умовах.

Фоновий вміст установлюється в межах територій із статистично відокремленими вибірковими сукупностями конкретних вимірювань (визначень) вмісту речовини.

В зв'язку з активною господарчою діяльністю в теперішній час визначення природного фонового вмісту елементів і сполук в геологічному середовищі - практично неможливе. Тому за так звані фонові доводиться приймати вміст, визначений в районах найменшого впливу техногенних факторів, використовуючи при цьому метод аналогій.

2. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

2.1. Структурно-геологічні фактори розвитку ГС

Територія України, на якій розвинуті геологічні утворення майже всіх стратиграфічних підрозділів, починаючи з архейських і закінчуючи четвертинними, має складну і різноманітну геологічну будову, що обумовлена довготривалим розвитком тектогенних структур (Мал.1). Майже вся територія розташована в межах області закінченої складчатості - в межах Східно-Європейської та Скіфської платформ. Згадані найбільші структурні підрозділи та альпійські геосинклінальні споруди розділені регіональними глибинними розломами. Тому, в цілому структуру практично всієї території України слід розглядати як брилово-блокову, у зв'язку з чим сучасний розподіл утворень різного віку виник під час платформенного етапу, в результаті формування і розвитку великих та малих структур цього часу (А.А.Гойчевський, Н.П.Щербак, В.К.Гавриш, 1976 р.). В багатьох випадках у зонах росломів стикаються ділянки з відмінним напрямом складчатості, що пов'язано з переміщенням блоків протягом платформенного етапу розвитку.

Таким чином, структурно-геологічна будова України, як видно

з виконаного аналізу, обумовила наступні закономірності формування геологічного середовища в умовах техногенезу:

1) значну різноманітність ландшафтно-геохімічних полів в межах основних геологічних структур. Їх підвищену чутливість і несталість при техногенному надходженні хімічних елементів та сполук;

2) широкий розвиток широтних та меридіональних обмежень, в тому числі розломного характеру, з якими пов'язані границі порід різного складу та проникності, що зумовлює тісний зв'язок геологічних та гідрогеологічних структур, геофільтраційних та гідрохімічних умов, що формуються в них;

3) підвищену активність екзогенних геологічних процесів, гідрогеодеформаційних полів та сейсмогеофізичних процесів в граничних зонах геологічних структур і розломів, що їх обмежують.

2.2. Регіональні гідрогеологічні умови

Сучасна система уявлень про формування, шляхи руху та розвантаження підземних вод в межах геологічних структур на території України склалась на протязі 60 - 80-х років (Бабінець А.Є., Скабаланович І.А., Руденко Ф.А., Романюк А.Ф., Шестопалов В.М., Дробноход М.І. та ін.). Переважно це були схеми загального гідрогеологічного районування, яке базувалось на врахуванні зв'язку геологічних структур і пов'язаних з ними басейнів підземних вод та нафтогазових провінцій (мал. 2). Починаючи з 40-х років ХХ ст. внаслідок накопичення фактичного матеріалу про фільтрацію крізь слабопроникні шари формуються нові уявлення про закономірності водообміну в басейнах підземних вод, які базуються на оцінках активного зв'язку напірних та ґрунтових вод.

В зв'язку з тим, що в умовах техногенезу згідно з авторськими оцінками в [3, 5, 10, 19, 27, 40] має місце значне зростання взаємодії поверхневих, ґрунтових та напірних вод, нами в роботі при аналізі сучасних гідрогеологічних умов враховувались таксони 2 видів гідрогеологічного районування:

а) мегарегіонального, за принципом взаємозв'язку з єдиними гідрогеофільтраційними процесами (Шестопалов В.М., 1978, 1989; Дробноход М.І., 1973);

б) регіонального, за принципом структурно-геологічної однорідності (Скабаланович І.А., 1971; Бабінець А.Є., 1972).

Виконаний в роботі аналіз зв'язку фільтраційних та енерге-

тичних параметрів водоносних горизонтів в межах великих ТГС (Східний, Західний Донбас; Київський, Харківський, Львівські водозабори, нафтогазові родовища Дніпровсько-Донецької западини та ін.) свідчить про переважну роль вертикальної міграції, що призводить до регіонального посилення зв'язку техногенних змін ландшафтно-геохімічних умов та хімічного складу підземних вод [3-6, 9, 26, 27, 37, 59-63]. Зважаючи на вищезгадане, для оптимізації оцінки головних рис гідрогеологічних умов в роботі використано комплекс параметрів мегарегіонального та регіонального рівнів гідрогеологічного районування, що дозволило найбільш повно врахувати структурно-геологічні, літо-фаціальні, ландшафтно-геохімічні та гідродинамічні фактори (мал. 2, табл. 1 - 3). Останнім часом на території України експлуатується більш ніж 450 централізованих водозаборів і до 90 тис. окремих свердловин. Сумарний відбір підземних вод (включаючи дренаж) досягає 5,5 млрд. $\text{м}^3/\text{рік}$ (15 млн. $\text{м}^3/\text{добу}$). Це призвело до значних техногенних змін режиму рівнів та хімічного складу, а також ускладнило форму підземних потоків. Автором виконані оцінки регіональних еколого-геохімічних та еколого-гідрогеологічних умов басейнів підземних вод, основні відомості яких наведені в табл. 1, 2.

Слід відзначити, що в процесі водогосподарської діяльності відбулося істотне посилення взаємодії підземних і поверхневих вод, якому сприяють формування великих депресій рівневих поверхонь водоносних та нафтогазових горизонтів, посилення латеральної і берегової інфільтрації в зонах водосховищ, регіональний розвиток водномеліоративних систем (до 3 млн. га загальної площі) та ін. Сумарна площа водосховищ зараз дорівнює 13,2 тис. км^2 (2,3% території), а їх загальна кількість, включаючи ставки на малих річках, перевищує 24 тис. При цьому середнє підвищення рівня поверхневих вод досягає 2,5 - 3,5 м (водосховищ Дніпровського каскаду - до 7,5 - 9 м), що різко зменшило активність дренажу ґрунтових вод, обумовило активізацію процесів підтоплення та зниження захисної здатності ґрунтів зони аерації. Згідно з виконаними оцінками, на території України розвинуто більш ніж 120 осередків сталого забруднення підземної гідросфери, які пов'язані, в основному, з великими ПМА (Донбас, Кривбас, Прикарпаття, Причорномор'я, Крим та ін.), під вплив забруднення підпадають більш ніж 10% розвіданих запасів та до 20% прогнозних ресурсів прісних підземних вод [1-6, 12-15]. Специфікою формування сучасних еколо-

Еколого-геохімічні умови басейнів підземних вод України

Таблиця 1

N п/п	Найменування басейну підземних вод	Площа, тис. км ²	Ландшафтно-геохімічна формула. Основні елементи накопичення	Щільність забруднення		Площа викори- стання мін- добув. тис. км ²	Площа ГМА, тис. км ²	Площа геохі- мічних змін, тис. км ²
			Основні елементи міграції	Cs-137 Кі/км ²	Sr-90 Кі/км ²			
1	Закарпатський	6,0	H ⁺ - Ca ²⁺ (Co, As, P / Fe)	< 0,1-0,5	< 0,05	4	0,4	0,2
2	Карпатський	18,0	H ⁺ - Ca ²⁺ (As, P, Mn/Pb, Cu, Zn)	< 0,1-1	< 0,05	4	-	-
3	Передкарпатський	13,9	H ⁺ - Ca ²⁺ (Co, As, P / Fe)	< 0,1-3	0,05-0,5	10	1,4	0,4
4	Волинсько-Поділь- ський	87,0	H ⁺ - Ca ²⁺ - Ca ²⁺ - Fe ²⁺ Fe (Mo, Cu, Li / Pb, Zn)	0,1-10	0,05-3	50	0,6	16,3
5	Український ба- сейн тріщинних вод	161,6	H ⁺ , H ⁺ -Fe ²⁺ (Mo, Fe, Co/Pb, Zn, Cu)	0,1-10	0,05-3	114	2,5	33,5
6	Дніпровський	120,5	---	---	---	---	---	---
7	Донецько-Донський	44,7	Ca ²⁺ (Cu, Zn, Co, Pb, Sr, Mo/As)	0,1-0,5	0,05-15	86	1,5	24,6
8	Донецький	25,9	Ca ²⁺ (Mg, Co, Fe/Pb, Sr, Cs)	0,1-3	< 0,05	27	0,7	0,6
9	Причорноморський	98,4	Ca ²⁺ , Ca ²⁺ - Na ⁺ (Pb, Mo, Cu/Zn, As, Mn)	0,1-0,5	< 0,05	18	8,5	3,0
10	Азово-Кубанський	3,9	Ca ²⁺ - Na ⁺ (Co, Hg, As/ H.C.)	0,1-0,5	< 0,05	67	0,8	1,6
11	Рівнинно-Крим- ський	18,3	Ca ²⁺ , Ca ²⁺ - Na ⁺ (Cu, Zn, Co/Mo, Sr)	< 0,1-0,5	< 0,05	3	-	0,3
12	Гірсько-Кримський	4,8	Ca ²⁺ (Cu, Zn, Hg/Mo, Hg)	< 0,1-0,5	< 0,05	16	1,1	0,9
						2	-	-

Оцінка еколого-гідрогеологічних умов басейнів підземних вод України

Таблиця 2

№ п/п	Найменування басейну підземних вод	Площа, тис. км ²	Площі з потужністю зони аерації, тис.км ²				Площа геохі- мічних аномалій, тис. км ²	Характеристика фільтруючих нако- пичувачів			Площа осеред- ків за- бруд- нення, км ²	Кількість спосте- режних свердло- вин з за- бруднен- ням під- земних вод	Обсяг забруд- нених підзем- них вод, м ³ /добу
			< 5м	5-10 м	10-20 м	> 20 м		Кіль- кість	Пло- ща, км ²	Обсяг, млн. м ³			
1	Закарпатський	6,0	2,1	1,5	-	2,4	-	6	0,1	0,5	Н.С.	24	214
2	Карпатський	18,0	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	Н.С.
3	Передкарпатський	12,9	9,1	3,6	1,2	Н.С.	-	29	6	34,5	19,9	3	Н.С.
4	Волинсько-Подільський	87,0	53,7	24,2	7,6	Н.С.	1,46	74	15	53	39,0	56	637
5	Український басейн тріщинних вод	161,6	104,2	38,2	15,2	Н.С.	4,0	247	179	468	755	311	201
6	Дніпровський	120,5	69,3	42,1	8,6	Н.С.	0,44	845	172	89	148	101	266
7	Донецько-Донський	44,7	19,7	7,2	17,8	Н.С.	-	65	4	55	23	34	Н.С.
8	Донецький	25,9	14,0	8,2	2,5	Н.С.	1,3	1425	117	1639	312	232	415
9	Причорноморський	98,4	62,4	20,8	11,3	Н.С.	4,0	25	6	16	67	29	217
10	Азово-Кубанський	3,9	2,1	Н.С.	0,4	1,2	0,3	11	0,9	15	-	-	-
11	Рівнинно-Кримський	18,3	8,4	5,4	0,9	3,6	4,9	11	35	72	88	85	239
12	Гірсько-Кримський	4,8	-	-	-	4,8	-	3	10	20	-	-	Н.С.

го-гідрогеологічних умов є посилення значення природних запасів (початкового об'єму) і ресурсів підземних вод, що значно перевищують об'єм поверхневих водоємностей та їх стоку (в 120 - 150 разів). Ці фактори визначають велику сталість запасів і якості підземних вод щодо техногенних впливів, а також необхідність розробки методик оцінки захищеності водоносних горизонтів від техногенних навантажень на геологічне середовище та гранично-допустимих впливів на підземну гідросферу.

Головними факторами формування регіональних гідрогеологічних умов в межах усіх гідрогеологічних структур є:

1) суттєве скорочення території з природним або слабопорушеним водообміном (з 90 до 20% території за останні 30 років);

2) практично повне перетворення ландшафтно-геохімічних умов формування підземних та поверхневих вод під впливом надходження повітряних, водних, твердих викидів промисловості, сільського господарства, інших видів техногенної діяльності;

3) зростання межбасейнового перерозподілу поверхневих та підземних вод, що обумовлює прискорення їх взаємодії, а також зростання впливу техногенних змін ландшафтно-геохімічних умов водозбірних басейнів р.р. Дніпро, Дністер, Сіверський Донець та ін.;

4) зниження природної захищеності водоносних горизонтів під впливом посилення радіальної та латеральної міграції техногенних сполук та хімічних елементів, погіршення захисної здатності ґрунтів та порід зони аерації в зонах підтоплення, прискореного розвитку карсту, суфозії, зсувів, ерозії. Відповідні розробки автора відображені в розділах 5.2, 6.2, 6.3 та в роботах [2, 4, 6-10, 14, 21, 26, 27, 31, 44, 48, 54];

5) техногенна активізація масо-енергетичної взаємодії напірних водоносних горизонтів зони утрудненого водообміну (Дніпровсько-Донецька западина, Карпатський регіон, Донбас, Крим) з нафто-газоносними горизонтами внаслідок порушення природної ізолюючої здатності газо-нафто-водотривких шарів та співвідношення тисків на їх границях.

2.3. Регіональна характеристика інженерно-геологічних умов

Згідно з діючою схемою регіонального інженерно-геологічного

районування (карта масштабу 1:500000) на Україні виділяється 9 регіонів, що характеризуються відносною спільністю умов залягання та складу порід, що до них входять, їх стану, властивостей та екогенних геологічних процесів (ЕГП): Карпатський і Закарпатський, Волино-Подільська плита та Передкарпатський прогин, Український щит, Дніпровсько-Донецька западина, Донецький басейн, Причорноморська западина, Індоло-Кубанський прогин, Гірський Крим. В результаті робіт з регіональної оцінки змін інженерно-геологічних умов протягом 1960 - 1991 р.р. встановлено сталий розвиток ЕГП (в 2 - 5 разів) та масштабну зміну стану і властивостей верхньої зони порід під впливом порушення рівноваги в системі "вода - мінеральний скелет ґрунтів" в районах підтоплення, гірничих робіт, забудови схилів та ін. [13-18, 21, 23].

До якісно нових факторів техногенних змін слід віднести регіональне зниження сейсмостійкості техногенно-геологічних систем "об'єкт - ГС" в зонах підтоплення та перезволоження схилів, лесових та лесово-суглинчастих ґрунтів (на 1 - 3 бали по СНІП II-7-81).

Оцінка сумарного впливу техногенної активізації ЕГП та зниження сейсмостійкості верхньої зони ґрунтів є ознакою прояву інженерно-сейсмогеологічного ризику в межах ТГС із складними геолого-тектонічними та інженерно-геологічними умовами [28, 29].

До інженерно-геологічних процесів з підвищеним еколого-геологічним ризиком слід віднести зсуви, карст, підтоплення, осідання масиву порід над гірничими виробками [10, 15, 22, 25, 31, 44, 45, 50].

Зсувні процеси зараз розвинуті практично повсюдно. До 70 - 90% їх є наслідком техногенних факторів, у зв'язку з чим загальна кількість зсувних об'єктів за останні 30 років збільшилась практично у 3 рази. Найбільше уражені зсувами території та промислово-міські агломерації Чернівецької, Івано-Франківської, Закарпатської областей, узбережжя Азовського та Чорного морів, Дніпровських водосховищ.

Карст розвинутий у карбонатних, сульфатних та галогенних породах різного віку (Карпати; Прикарпаття, Закарпаття, Кривбас, Донбас, Полісся, Крим, Волино-Поділля). Техногенна активізація карсту відзначається найбільшою динамічністю (від 5 до 20 разів) середовищ ЕГП в межах складних ТГС (Рівненська АЕС, Яворівський та Миколаївський райони Львівської області, Кривбас та ін.) про-

тягом 20 - 30 річного періоду формування енергетичних, гірничо-промислових, водогосподарських (водосховища, хвостосховища) ТГС.

Підтоплення як регіональний фактор сучасного формування інженерно-геологічних умов України має переважно техногенну природу. Останнім часом, південніше лінії Чернівці - Кіровоград - Дніпропетровськ - Донецьк, що характеризується найбільш активним зовнішнім водоподаванням та акумулюванням місцевого стоку, під час багатоводних років підтоплюється до 1,5 - 2,0 млн.га земель, до 250 міських агломерацій та більш ніж 1,4 тис. сільських населених пунктів. Згідно з багатьма оцінками, при підтопленні під впливом підйому рівнів ґрунтових вод та перезволоження ґрунтів зони аерації відбувається значне погіршення екологічних параметрів ГС як наслідок зниження захисних властивостей та сейсмостійкості ґрунтів, прискорення фільтрації забруднювачів та росту фільтраційних тисків на схилах з активізацією ЕГП [27-28, 32-36].

Враховуючи сталий ріст ЕГП, площ осідань в районах гірничих робіт автором запропоновано кілька схем картографічної оцінки інженерно-геологічного ризику території. По кількості факторів виділені території з малоімовірним, підвищеним, імовірним та дуже імовірним інженерно-геологічним ризиком [20-23, 28-33]. Загалом вказані карти дозволяють з урахуванням факторів формування інженерно-геологічних умов ТГС намітити склад захисних споруд і оцінити їх ефективність.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Основні мета і задачі, науково-методична база і технології

Концепція еколого-геологічних робіт (ЕГР) визначається структурним положенням ГС, як головного об'єкта ЕГР, в багатоконпонентній системі навколишнього середовища. Формування ГС в верхній зоні літосфери, що складає мінеральну основу біосфери і акумулює вплив практично всіх видів господарської діяльності, визначає її активну екологічну взаємодію не тільки з біосферою, але і з гідросферою і атмосферою [46, 47, 49, 56, 58].

Розробка головних положень нового виду геологічних дослід-

зень - екологічних оцінок ГС - виконана автором як при проведенні робіт на конкретних об'єктах, так і при виконанні комплексних еколого-геологічних оцінок регіонів [6-9, 15, 30, 40, 45, 54]. Внаслідок аналізу та узагальнення результатів теоретичних, експериментальних та виробничих робіт, обґрунтовані взаємозв'язаний комплекс цілей, задач та методичних принципів виконання еколого-геологічних робіт, а також виконані розробки по використанню математичних методів оцінки взаємодії ГС з біосферою, атмосферою та гідросферою [11, 17, 18, 22, 29, 30, 35, 38].

В запропонованій структурно-організаційній формі виконання ЕГР в складі геологорозвідувальних, геологозйомочних досліджень або моніторингу ГС обґрунтовано комплексування сучасних методів та технічних засобів для отримання інформації про еколого-геологічні умови регіонів, територій, об'єктів у вигляді математичних, картографічних моделей, баз даних і ін. [32, 34-36, 50, 51].

Під ЕГР в загальному плані треба розуміти комплекс досліджень по оцінці сучасного екологічного стану ГС, природних, природно-техногенних і техногенних процесів, що в ньому відбуваються, а також прогнозу розвитку і екологічного впливу на навколишнє середовище.

Головна ціль ЕГР - вивчення екологічного стану ГС, тобто оцінка впливу на умови життєдіяльності людини результатів природних і техногенних змін верхньої зони літосфери. У зв'язку з цим структурна схема ЕГР повинна базуватися як на вивченні ГС і ТГС, так і на достовірних оцінках стану суміжних середовищ, що в сумі може дати базу для еколого-геологічних узагальнень і прогнозів. При цьому в структурі ЕГР повинні враховуватися такі закономірності розвитку ТГС.

1. Тісний зв'язок природних процесів і явищ в верхній зоні літосфери з їх проявом при формуванні ТГС: ріст складу і екологічного впливу техногенних процесів в структурі ТГС можливий при сталому порушенні природних параметрів масо-енергообміну (геохімічних, інженерно-гідрогеологічних і інших процесів).

2. Формування двох типів ТГС - площинного і глибинного - в зв'язку з закономірним зменшенням активності взаємодії ГС із суміжними середовищами із збільшенням глибини. Розвиток площинних ТГС частіше всього відбувається в межах інтенсивного масо-енергообміну (волого-, тепло- елементоперенос) суміжних з геологічним середовищем - атмосфери, гідросфери, біосфери (глибина до 200 м -

зона активного водообміну, зрідка більше). Глибинні ТГС мають місце переважно при техногенезі літосфери, що характеризується обмеженою передачею впливу в масиві порід (наприклад, гірничі роботи при слабкому обводнюванні порід).

В цілому наведений поділ ТГС досить умовний, але його треба приймати до уваги при обґрунтуванні площі ЕГР в межах екологічно значущих змін ГС (табл. 3, 4).

Загалом концепція техногенезу ГС і його основні положення при обґрунтуванні ЕГР автором розглядаються з позицій інтегральних негативних впливів на екологічні параметри ГС (а також НС). У зв'язку з цим, враховуючи сучасний досвід і науково-методичні оцінки змісту основних параметрів еколого-геологічних умов, можливо запропонувати їх узагальнену структуру для ТГС різного рівня, а також для проектування ЕГР (табл.3).

Таблиця 3

Структура екологічної оцінки ТГС

Етапи	Структура оцінки екологічного стану ГС			
I	Екологічна геохімія (біо-, атмо-, гідросфери)	Екологічна гідрогеологія (якість, запаси і захищеність підземних вод)	Екологічна інженерна геологія (екзогенна динаміка, посилення природних і техногенних процесів)	Екогеофізика літосфери (землетруси, техногенні фізичні поля)
II	Медико-гігієнічні оцінки ГС (грунтово-ландшафтні, біо-, атмо-, гідросферні)			

Наведена вище схема дозволяє відобразити основні типи техно-

генезу ГС, сформувати цілі³ і задачі роботи:

1) вивчення загального стану та напрямків сучасної еволюції ГС та типових ТГС на території України;

2) узагальнення та подальший розвиток теоретичних положень з сучасної динаміки та закономірних зв'язків розвитку ГС та навколишнього природного середовища в межах України;

3) розробка методів оцінки екологічного стану ГС та ТГС, принципів та напрямків інженерного захисту від екологічного ризику ГС, узагальнення результатів ЕГР та моніторингу ГС;

4) оптимізація видів і обсягів геологорозвідувальних робіт в структурі еколого-геологічних досліджень, розробка принципів і методики раціонального комплектування різних методів, технологій та технічних засобів вивчення екологічних параметрів ГС, а також комплексної інтерпретації їх результатів стосовно різних типів ТГС.

За наявності значних відмінностей між вказаними типами техногенезу ГС та розвитку їх впливу на біосферу (людину) загальним є можливість виділення всіх структурних елементів ТГС, наведених в табл. 4.

Основоположними теоретичними складовими розвитку ГС та ТГС слід також вважати:

1. Три закони Вернадського В.І. - про повсюдне поширення кожного хімічного елемента, зв'язок його поведінки (сорбції - міграції) з кларком або поширеністю та ведучим впливом органічної речовини на міграцію хімічних елементів.

2. Закони гідрогеоміграції речовини і тепла (масоенергообміну).

3. Закономірності формування інженерно-геологічних умов з урахуванням екзо- і ендодинамічних факторів.

Таким чином, одним із основних науково-виробничих положень ЕГР слід вважати їх ландшафтно-геохімічну спрямованість, що визначає вплив ГС як геохімічного базиса навколишнього природного середовища, насамперед біосфери. Як свідчать розробки автора та ряду інших дослідників (Соботович Е.В., Адаменко О.М., Шестопа-лов В.М., Рутько Г.І., Лушчик А.В. та ін.), головними для вивчення, оцінки та прогнозу еколого-геологічних умов того чи іншого регіону є три основні фактори: техногенне геохімічне забруднення ґрунтів і донних відкладів водосховищ, техногенна зміна режиму підземної гідросфери та техногенне порушення рівноваги системи:

Основні типи техногенно-геологічних систем (ТГС)
"техногенний об'єкт - геологічне середовище"

Таблиця 4

N п/п	Тип ТГС	Скоро- чення	Основні еколого-геологічні характеристики прояву			
			Площа, км ²	Глибина, м	Радіус впли- ву, км	Час форму- вання, літ
1.	Промислово-міська агломерація	ПМА	$n(10^1+10^2)$	$n(10^1+10^2)$	$n(10^0+10^2)$	$n(10^1+10^3)$
2.	Гірничо-промисловий об'єкт	РПО	$n(10^0+10^1)$	$n(10^1+10^3)$	$n(10^0+10^1)$	$n(10^0+10^2)$
3.	Гірничоенергетичний комплекс	РЕК	$n(10^1+10^3)$	$n \cdot 10^1$	$n(10^0+10^1)$	$n(10^0+10^1)$
4.	Атомно-теплоенергетичний об'єкт	АЕО	$n(10^0+10^1)$	$n \cdot 10^1$	$n(10^1+10^2)$	$n \cdot 10^1$
5.	Аграрно-промисловий комплекс	АПК	$n(10^0+10^1)$	$n \cdot 10^1$	$n(10^0+10^1)$	$n \cdot 10^1$
6.	Газо-нафтовий комплекс	ГНК	$n(10^1+10^3)$	$n \cdot 10^3$	$n(10^1+10^2)$	$n \cdot 10^1$
7.	Лісо-промисловий комплекс	ЛПК	$n(10^0+10^1)$	$n \cdot 10^1$	$n(10^0+10^1)$	$n(10^0+10^1)$
8.	Водно-меліоративна система	ВМС	$n(10^0+10^2)$	$n \cdot 10^1$	$n(10^0+10^1)$	$n \cdot 10^1$
9.	Шляхово-транспортний комплекс	ШТК	лінійний $n(10^1+10^2)$	$n \cdot 10^0$	$n \cdot 10^0$	$n(10^0+10^1)$

"мінеральний скелет - вода".

Треба зауважити, що запропонована концептуальна модель ЕГР, в основі якої лежить багаторічний досвід геологічних робіт природоохоронного (екологічного) напрямку, не може вважатися остаточною, особливо в геологічно-медичній частині. На нашу думку, спільні медико-геологічні оцінки призведуть до уточнення зв'язків "ГС - здоров'я людини", а також гігієнічних параметрів ґрунтів, літосфери, гідросфери та суміжних середовищ в межах ПМА, аграрних зон та інших об'єктів.

3.2. Еколого-геологічні дослідження - новий напрямок геологорозвідувальних робіт

Належить зазначити, що концепція геологічного середовища і науково-методичне обґрунтування вивчення, аналізу та оцінки її параметрів досі розроблено недостатньо, що зв'язано, в першу чергу, з випереджаючим рішенням практичних задач в районах екологічного лиха або обґрунтуванням захисних заходів. Загалом в екологічному стані ГС можливо виділити геохімічні (біо-, гідро-, атмо-геохімічні), гідрогеологічні, інженерно-геологічні (інженерно-сейсмологічні, інженерно-сейсмогеофізичні) параметри, повний комплекс яких, на нашу думку, міг би забезпечити медико-геологічні оцінки окремих регіонів і зон, а також еколого-геологічного ризику життєдіяльності в них. Більш консервативний характер процесів у верхній зоні ГС у порівнянні з атмосферою, гідросферою і біосферою обумовлює провідну роль геохімічних процесів в формуванні довгострокових еколого-хімічних параметрів навколишнього природного середовища в системі біо-, гідро- і атмогеохімічних ланцюгів (Соботович Е.В., Шестопалов В.М., Почтаренко В.І. та ін.). Цікаво відзначити, що в сучасній структурі формування радіаційних умов екологічна роль ГС як головного депо викидів ЧАЕС може бути подана в якості самого джерела надходження довгоживучих РН (цезію-137, стронцію-90 та ін.) в біосферу, гідросферу, атмосферу. При цьому біохімічний ланцюг "ґрунт - харчові рослини" формує 75- - 95% дозового навантаження, що свідчить про актуальність біогеохімічної параметризації ГС в структурі ландшафтно-геохімічних досліджень.

Вищезазначені оцінки свідчать, що головними факторами змін екопараметрів ГС є техногенні, властиві всім видам господарської

діяльності. В зв'язку з цим важливо відзначити прояв прямих і зворотних зв'язків між ГС і техногенним об'єктом, що зумовлює формування ТГС "техногенний об'єкт - геологічне середовище (верхня зона літосфери)".

Сучасний етап вивчення ТГС дозволяє зробити кілька принципових висновків щодо нових напрямків еколого-геологічних досліджень в умовах техногенного впливу як бази оцінки стану раціонального використання і охорони геологічного середовища [18, 25, 32, 39, 44]:

1. Головні зміни геологічного середовища пов'язані з формуванням техногенно-геологічних систем, розвиток яких повинен забезпечуватися просторово-часовими прогнозами геохімічних, інженерно-гідрогеологічних і сейсмогеофізичних параметрів.

2. Процеси, що відбуваються при формуванні ТГС здебільшого тотожні природним; слід відзначити тенденцію до посилення інтенсивності і різноманітності техногенних процесів порівняно з природними, що зумовлено ростом масоенергообміну ГС в умовах техногенезу.

3. Інтенсивність протікання в ТГС різних геологічних процесів змінюється в широких межах, при цьому може спостерігатися згасання природних і виникнення нових, що не зустрічалися раніше в природних умовах; звідси витікає можливість прояву окремих процесів "прихованого" періоду розвитку (хімічна суффузія, карст, електрохімізація та ін.).

4. Зменшення площі розвитку ТГС з глибиною, що визначає доцільність виділення в них двох і більше рівнів (відповідно зонам активності водообміну). Системний аналіз ГС свідчить про його складну просторову будову, головною структурою розвитку якої є ТГС (Яковлев Є.О., 1985; Шестопалов В.М., 1989; Дробноход М.І., 1990 та ін.).

Автором обґрунтовано моделювання просторової структури ГС та елементів оцінки його екологічного стану на еколого-геологічних картах ЕГК (регіональний, територіальний, локальний або об'єктовий), які базуються на відображенні елементів ГС (табл.5, мал.4). Детальність картографічного відображення ГС зростає від регіонального рівня до локального переважно у відповідності до розміру відображених геологічних елементів (ландшафтно-геохімічних, структурно-фаціальних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних). Так, наприклад, якщо на регіональному рівні геохімічні ландшафти

переважно характеризуються типами ґрунтів і узагальненими балансами та коефіцієнтами біогенної міграції елементів, то на локальному рівні переважають відображення монопорідних тіл, елементарних ландшафтів з параметрами біогенної, водної, повітряної міграції, що обумовлює можливість оцінки еколого-геохімічних та ін. параметрів ТГС або його окремих зон. Подібні співвідношення можуть бути простежені і по інших групах елементів ГС [18, 34, 36, 44, 51, 52].

Вищезгадані просторово-часові фактори формування ГС та ТГС, дозволяють визначити такі основні критерії робочої моделі еколого-геологічних карт. Як і всі карти геологічного змісту вони повинні бути різномасштабними. Виконаний багатьма дослідниками аналіз свідчить про те, що в залежності від ступеня антропогенних змін природного середовища та наявних матеріалів, розглянуті карти доцільно складати на трьох рівнях: регіональному - в масштабі 1:500000 і дрібніше, територіальному - 1:200000 (1:100000) і локальному (об'єктовому) - 1:50000 (1:25000 - 1:10000).

Дрібномасштабні еколого-геологічні карти слід складати для оцінки фонових показників ГС та тенденцій його розвитку, а також стабільних в еколого-геологічному плані регіонів, де переважають сталі екосистеми і вплив діяльності людини відносно невеликий. Головне призначення таких карт - визначення загальної еколого-геологічної обстановки, виявлення основних факторів і критеріїв, що викликають зміну стану верхньої зони літосфери під впливом антропогенних процесів.

Середньомасштабні еколого-геологічні карти рекомендується складати для регіонів інтенсивного освоєння з достатньо широким розвитком техногенних процесів, а також як базові для еколого-геологічного картографування адміністративних областей. Вказаний масштаб є достатнім як для відображення регіональних закономірностей, так і оцінки місцевих особливостей еколого-геологічної обстановки з урахуванням даних більшості наявних геологічних, гідрогеологічних та ін. карт.

Еколого-геологічні карти крупного масштабу в першу чергу повинні складатися для локальних площ (адміністративних районів), де верхня зона літосфери зазнає значних змін. Аналіз виданих карт еколого-геологічного змісту Східного Донбасу, Київської ПГА та ін. показує, що на площах інтенсивного промислового освоєння і комплексних ландшафтних геохімічних або інженерно-гідрогеологіч-

Схема просторової структури геологічного середовища та елементів оцінки його екологічного стану
Таблиця 5

Рівні вивчення ГС	Головні фактори екологічного стану ГС				Характеристики картографічного відображення ГС		
	Ландшафтно-геохімічні	Гідрогеологічні	Інженерно-геологічні	Інженерно-(сейсмогеологічні)	Масштаб (основний)	Основні об'єкти відображення	Глибинність
1	2	3	4	5	6	7	8
Регіональний	Крупні геохімічні ландшафти, типи міграції елементів, хімічний склад вод ландшафтів, типи ґрунтів, рослинності	Гідрогеологічні структури, області живлення, транзиту та розвантаження підземних вод, великі депресії, зони забруднення підземних вод	Комплекси площинного розвитку ЕГП, зони техногенних амінь інженерно-геологічних умов, інженерно-геологічної провінції	Сейсмічність регіонів, епіцентри землетрусів, регіональні розломи, головні тектонічні структури	1:500000 (1:1000000, 1:200000 - додаткові)	Макроформи геохімічних ландшафтів, рельєфу, геологічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні структури	Переважно сотні метрів
Територіальний	Геохімічна класифікація ландшафтів: водна, біологічна, атмосферна міграція елементів, типи ґрунтів	Умови експлуатації водозаборів, оцінка захищеності підземних вод та їх стан	Територіальний розподіл ЕГП, просторово-часовий розвиток небезпечних ЕГП та їх ризик впливу	Взаємодія регіональних та локальних тектонічних структур, оцінка їх впливу на розвиток ЕГП, у т.ч. небезпечних	1:200000 (1:500000, 1:50000 - додаткові)	Природні і техногенні геохімічні поля, депресії водозаборів, зони небезпечних ЕГП, зони техногенних амінь ГС	Переважно (в межах зони активного водособігону) десятки метрів

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Локальний (об'єктовий)	Переважно техногенні геокімічні поля, джерела надходження хімічних елементів у ГС, головні шляхи їх міграції	Стан підземних вод, осередки техногенних змін їх рівнів, якості, стан захищеності від забруднення	Стадії розвитку окремих ЕТП, ураженість небезпечними ЕТП, зони їх техногенної активізації	Оцінка сумарного впливу ЕТП на рівні важливих об'єктів (АЕС, водосховища та ін.), а також прояву окремих тектонічних елементів	1:50000 (1:200000, 1:25000, 1:10000 - додаткові)	Переважно техногенні геокімічні поля ПМА, великих ГРС, осередки забруднення підземних вод, вплив ЕТП	Переважно перші десятки метрів (зона техногенної гідрогеоміграції)

них змін в середньому масштабі важко відобразити всі особливості екологічної обстановки, що склалася в результаті техногенної діяльності. Для таких регіонів інформативними є локальні карти масштабу 1:50000 або навіть 1:25000.

Основним підсумком еколого-геологічного картографування повинні бути районування території за порушенням ГС та обґрунтування рекомендацій щодо раціонального використання надр, підготовки випереджуючої інформації відносно перспектив освоєння або екологічного захисту вивченої території. Не викликає сумніву, що еколого-геологічні карти повинні складатися на геологічній основі, на якій більш детально виділяються комплекси порід і їх структурно-технологічні взаємовідношення, урахування яких необхідно при оцінці впливу антропогенних процесів.

За попередніми оцінками періодичність складання еколого-геологічних карт для різних районів повинна бути повністю обумовлена інтенсивністю антропогенних процесів, що протікають в ГС. В районах з відносно сталою екогеологічною обстановкою такі карти можуть складатися раз на 15 - 20 років, в районах інтенсивного перетворення геоекосистем - через 5 - 10 років.

Зважаючи на локальні і регіональні впливи господарських об'єктів на геохімічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні і геофізичні параметри геологічного середовища, автором вперше запропоновано проведення підрозділами територіальних держгеолпідприємств такого комплексу досліджень в районах інтенсивного розвитку техногенно-геологічних систем:

1. Випереджуюче середньомасштабне (1:200000), включаючи державний рівень, і спеціальне великомасштабне (1:50000) еколого-геологічне картування з відображенням поточних і прогнозних змін верхньої зони геологічного середовища, а також оцінкою еколого-геологічних умов розташування виробничих сил України.

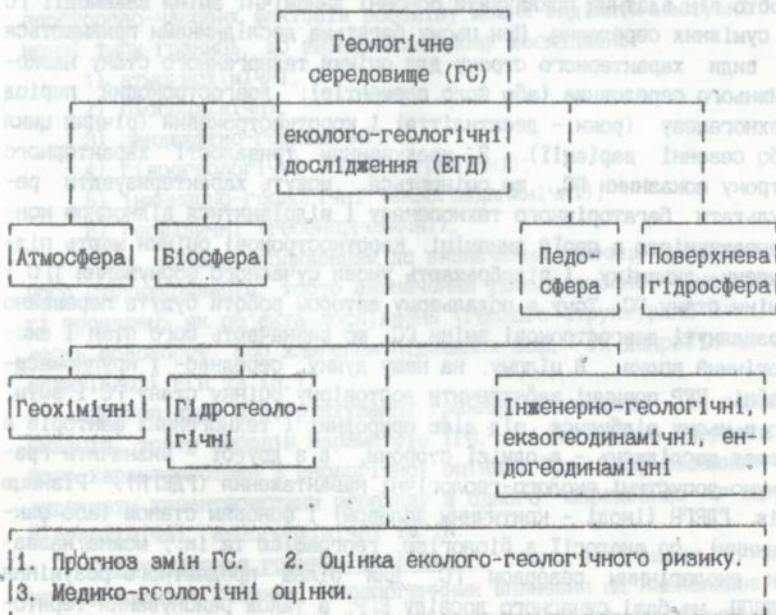
2. Організація системи моніторингу геологічного середовища, включаючи аерокосмогеологічні оцінки, режимні мережі та дослідно-виробничі полігони по довгостроковому вивченню сумарного впливу факторів ГТС (режимна мережа, експресні виміри параметрів вод, порід, газів та ін.).

3. Створення комплексних (детермінованих, ймовірностних, стохастичних та ін.) геолого-математичних моделей районів розвитку ГТС як основи оперативних і довгострокових прогнозів змін геологічного середовища, своєчасного обґрунтування заходів по сталій

і безпечній експлуатації об'єктів життєдіяльності.

4. Обґрунтування норм, вимог і стандартів, що визначають екологічну якість геологічного середовища у взаємозв'язку з екологічними оцінками навколишнього природного середовища, а також гранично-допустимих еколого-геологічних навантажень та змін.

Цілком очевидно, що сучасний практично повсюдний техногенний геохімічний стан території України визначає необхідність створення нових науково-методичних підходів до вивчення, оцінки і прогнозу екологічного розвитку ГС, а також підвищення питомої ваги геохімічної складової в еколого-геологічному вивченні геохімії ґрунтів і верхньої зони літосфери, включаючи гірничо-промислови, сільсько-господарські і промислово-міські комплекси і агломерації. Ця обставина обумовлює екологічне вивчення ГС як в межах звичайних наукових і виробничих геологічних досліджень, так і з



Мал. 3. Взаємодія геологічного середовища із суміжними середовищами і структура еколого-геологічних досліджень

залученням знань суміжних галузей наук.

Структуру екологічного вивчення ГС, що визначає методику, види і обсяги робіт еколого-геологічних досліджень, можна відобразити у вигляді схеми (мал.3).

4. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОБІТ

4.1. Просторові границі території досліджень і обґрунтування складу спостережень

В зв'язку з "відкритим" характером ТГС, достовірне визначення її границі є базою вибору методики, видів і обсягів проектних досліджень. Як раніше уже відзначалось, серед компонентів ТГС ґрунт - головне "депо" практично усіх видів техногенних викидів, тобто він здатний показувати основні динамічні зміни взаємодії ГС і суміжних середовищ. При цьому багатьма дослідниками приймаються 2 види характерного строку для оцінки техногенного стану навколишнього середовища (або його елементів): довгостроковий період техногенезу (роки - десятиліття) і короткостроковий (річний цикл або сезонні варіації). З урахуванням тривалості характерного строку показники ГС, що оцінюються, можуть характеризувати результати багаторічного техногенезу і відрізнятися відносною консервативністю в своїй динаміці. Короткострокові оцінки мають підвищену динаміку і відображають умови сучасного формування ТГС і зміни стану ГС. Тому в подальшому автором роботи будуть переважно розглянуті довгострокові зміни ГС, що визначають його стан і екологічний вплив. В цілому, на нашу думку, середньо- і крупномасштабні ЕГР повинні забезпечити достовірну оцінку стану ГС і змін, що в ньому відбулися, під дією природних і техногенних факторів в межах досліджень - з однієї сторони, а з другої - визначити гранично-допустимі еколого-геологічні навантаження (ГДЕГН). Різницю між ГДЕГН (іноді - критичним впливом) і фоновим станом (або фактичним), по аналогії з біологією, географією та ін., можна назвати екологічним резервом ГС. Для більш предметного розуміння ГДЕГН, на базі сучасного досвіду ЕГР, а також районування території ТГС за станом ГС, доцільно виділити геохімічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні, геофізичні та ін. фактори його екологічної оцінки. З екології відомо, що в більшості динамічно

рівноважених природних систем мають місце 2 множини значень параметрів, які характеризують мінімуми і максимуми розвитку процесів (наприклад, геохімічні аномалії, граничні положення рівнів вод, згущення зсувів в річкових долинах та ін.). Дуже важливо при цьому враховувати, що багато екологічно допустимих змін, а також оптимальних, будь-якого природного середовища, в тому числі ГС, лежать між ними.

В загальному плані концентрація забруднюючих речовин C_i як найбільш активного екологічного агенту ГС, змінюється в просторі X_T і часі t з урахуванням переміщення і розсіяння, тобто

$$C_i = f_t(X_T, t). \quad (1)$$

Наведені раніше характеристики ТГС свідчать, що з урахуванням положення їх в системі навколишнього природного середовища і просторово-часових факторів розвитку можна виділити наступні основні типи границь, що визначають площу досліджень:

- 1) атмогеохімічні;
- 2) біогеохімічні;
- 3) ландшафтно-геохімічні;
- 4) гідрогеологічні (геофільтраційні);
- 5) інженерно-геологічні (екзогеодинамічні);
- 6) геофізичні (геоенергетичні).

Отже, першим наближенням до визначення границь досліджень є його структуризація, тобто визначення умов відносної самостійності проявлень як об'єкта досліджень (геолого-структурний план, область водозбору або живлення підземних вод, їх депресія чи зона активізації ЕГП та ін.).

Другий крок в обґрунтуванні границь досліджень - їх параметризація, тобто перелік параметрів ТГС, які необхідно одержати для його характеристики і екологічної оцінки. При цьому особливо важливо мати характеристики переходу з одного середовища в друге: біогеохімічні, атмогеохімічні та ін.

Обґрунтування границь досліджень. Техногенні зміни ГС, значно пов'язані з різними антропогенними впливами на навколишнє природне середовище, частіше всього належать до певних об'єктів, ПМА та ТВК; тобто в тій чи іншій мірі "замкнені" в своєму екологічному проявленні.

В той же час, як показано при аналізі структури ТГС, при

обґрунтуванні їх границь як провідного елементу формування ГС, слід враховувати складний характер останнього. Це обумовлено:

- формуванням границь на декількох рівнях;
- наявністю мінливості тимчасових зв'язків (наприклад, сезонних між літосферою і гідросферою та ін.);
- переважання нелінійних залежностей в процесах масоенергообміну (і навіть розривів, наприклад, на місцевих бар'єрах у формі "верховодок", зон геохімічної концентрації та ін.).

Таким чином, обґрунтування границь досліджень або впливу ТГС (об'єкту) доцільно проводити послідовно, по підсистемах - геохімічній, гідрогеологічній (геофільтраційній), інженерно-геологічній, геофізичній та ін. Подібний підхід для вирішення задачі оцінки границь ТГС нами використовувався в ряді досліджень і його загальні принципи наведені в роботах. Широко використовуючи еколого-геологічні дані і параметри для оцінок навколишнього природного середовища, доцільно залучати в якості границі зону збереження початкового стану ГС, тобто стану до початку тої чи іншої дії. Фонове значення стану елементів ГС можна визначити як незмінний стан при середніх (багаторічних) гідрометеорологічних, гідрологічних, літогеохімічних і геофільтраційних процесах. Крім того, як показує досвід ряду екологічних, в т.ч. еколого-геологічних робіт, слід розрізняти глобальні, регіональні і локальні фонові стани ГС, тобто в межах ТГС різного рівня (Гл. I).

З точки зору автора при визначенні границь ТГС і обґрунтуванні фонових параметрів необхідне виділення провідного елементу ГС, де найбільш можливе максимальне групування факторів впливу за часом t і простором r . Узагальнено таку модель можна записати у вигляді функції стану ГС як:

$$ГС = f(r, t) . \quad (2)$$

При цьому динаміка просторово-часових змін r , t може бути записана у вигляді емпіричних диференціалів:

$$ГС_t = \int_0^t f(r, t) dt . \quad (3)$$

$$ГС_r = \int_r^R f(r, t) dr , \quad (4)$$

де r , R - внутрішня і зовнішня межі границі ТГС, (в ряді випад-

ків $r_0 \approx 0$).

Параметри елементів ГС

Слід відзначити одну принципову особливість, яка властива ГС як системі, що активно приймає участь в біогеохімічних циклах і формуванні екологічних умов біологічних систем, включаючи людину.

В окремих випадках можливе:

- перевищення фонових значень над критичними (наприклад, вміст рудних елементів в ореолах родовищ);
- існування максимальних і мінімальних (екологічно оптимальних, концентрацій ряду хімічних елементів (наприклад, бору, фтору, цинку та ін.), в той час як для техногенних надходжень в ГС існує лише ГДК їх вмісту. В загальному випадку граничними чи допустимими є такі дії на систему (чи її відхилення), які з часом можуть бути ліквідовані самою системою (Федоров В.Д., 1975 р., Одум Ю.П., 1975 р., Левич А.П., 1976 р., Ізраель Ю.А., 1984 р., Шварц С.С., 1976 р.). В той же час ефект техногенного впливу на елементи геологічного середовища тісно зв'язаний з стійкістю і розподільною здатністю останнього. Наприклад, при надходженні хімічного забруднювача в ґрунти чи підземні води його залишкова величина $V_{\text{зал.}}$ в межах ТГС складає:

$$V_{\text{зал.}} = V_{\text{ваг}} - (V_{\text{д}} + V_{\text{р}}), \quad (5)$$

де $V_{\text{ваг}}$ - загальний об'єм надходження забруднювача; $V_{\text{д}}$, $V_{\text{р}}$ - відповідно, об'єми розсіювання (дисперсії) і розпаду.

Із рівняння (5) виходить, що при умові $(V_{\text{д}} + V_{\text{р}}) < V_{\text{ваг}}$ може мати місце стійке збільшення $V_{\text{зал.}}$ і, як результат, накопичення більше ГДК в окремих елементах ГС.

Приймаючи до уваги сідементаційну роль ґрунтів як верхньої зони ГС, можна сказати, що більша частина геохімічних границь ТГС визначається атмогеохімічним впливом об'єктів техногенезу, тобто відстанню повітряного переносу забруднень.

При цьому атмогеохімічний вплив ТГС характеризується максимальною динамікою і площею впливу, а інтенсивність надходження і концентрація C_i забруднень в ґрунтах, як показав ряд досліджень (Оставненко А.І., Лютий Г.Г., Яковлев Є.О., Саєт Ю.Є. та ін.), є функцією відстані переносу r і часу надходження t [24, 27,

35].

В той же час при атмосферній міграції забруднення дуже важливе урахування гідрометеорологічних показників надходження і міграції забруднень, таких як швидкість повітряних потоків $V_{x,y}$, їх турбулентність V_t , швидкість гравітаційного (вертикального) осідання V_z , об'єм викидів q , а також відміток рельєфу h і його нерівностей m [24, 39, 41, 57].

На формування еколого-геохімічних границь в багатьох випадках можуть впливати закономірності атмосферного поширення і осідання продуктів викидів з одиночних джерел (наприклад, із труби, при ядерному вибуху), які охоплюють значні відстані.

Аналітичні і графоаналітичні розрахункові залежності для оцінки дальності геохімічного впливу повітряних викидів детально розглянуті у "Тимчасових методичних рекомендаціях по проведенню геолого-екологічних досліджень при геологорозвідувальних роботах (для умов України)", 1990 р. і "Тимчасових методичних рекомендаціях по проведенню геолого-радіоекологічних досліджень в зоні впливу АЕС", 1990 р., а також в ряді публікацій [23-25, 35, 36].

Гідрогеологічне обґрунтування границь ТГС може бути розглянуто на 2-х рівнях впливу на ГС - геофільтраційному і гідрогеохімічному (гідрогеоміграційному); при цьому будуть враховані латеральні і радіальні взаємодії.

Виходячи з необхідності екологічних оцінок порушень підземної гідросфери, для визначення гідрогеологічних границь ТГС доцільно використовувати існуючі фільтраційні і міграційні розрахункові залежності шляхом вводу в них екологічних обмежень.

В зв'язку з тим, що екологічні зміни відбуваються при стійкому порушенні динамічної рівноваги ГС, до екологічно значущих границь зміни гідрогеофільтраційних умов можна віднести зону розвитку депресії зі зниженнями, що перевищують природні середньобаторичні коливання рівня підземних вод (перш за все ґрунтових). В цьому випадку границя еколого-гідрогеологічних досліджень ТГС може бути визначена при наступному авторському перетворенні формул для оцінки знижень рівня підземних вод, їх середніх значень та обсягу депресії в плоскорадіальному потоці [2, 6-8, 10].

В загальному випадку обсяг кільцевого елемента депресії dV радіусом r та шириною dr

$$dV = 2 \pi r S dr, \quad (8)$$

де S - зниження рівня підземних вод на відстані r від свердловини ("великого колодязя") з радіусом водоприйомної частини r_0 , м. З врахування безперервності потоку підземних вод в умовах усталеного, несталого потоків та перетоку крізь слабопрониклий шар зниження рівня S на відстані r відповідно буде дорівнювати:

$$S = S_0 \cdot \frac{\ln R/r}{\ln R/r_0}$$

$$S = \frac{Q}{4\pi k m} \left[1 - E_1 \left(\frac{r^2}{4at} \right) \right] \quad (8)$$

$$S = \frac{Q}{2\pi k m} \frac{K_0(r/B)}{(r_0/B) K_1(r_0/B)} \quad (9)$$

де Q - дебіт відкачки, $m^3/\text{добу}$; t - час відкачки, діб; E_1 - визначення інтегральної показникової функції, км , a - відповідно коефіцієнти водопровідності та пьезопровідності, $m^2/\text{добу}$; $\mu_{\text{вар}}$ - пружна водовіддача горизонту (у долях одиниці); $B = (k m m_0 / K_0)^{1/2}$ - фактор перетікання (параметр свердловини), m ; K_0 , m_0 - відповідно, коефіцієнт фільтрації ($m/\text{добу}$) та товщина (m) слабопрониклого шару.

Після відповідних перетворень залежностей (8 - 9) з урахуванням, що $r_0 \ll R$ отримаємо для умов:

а) усталеного потоку

$$V \approx \pi R^2 \frac{S_0}{2 \ln R/r_0} = \pi R^2 \bar{S} \quad (10)$$

де $\bar{S} = \frac{S_0}{2 \ln R/r_0} = 0,217 \frac{S_0}{\lg R/r_0}$ - середнє зниження рівня в межах депресії, m ;

б) несталого потоку

$$V = \frac{Q \cdot t}{\mu_{\text{уп}}} ; \quad (11)$$

в) перетоку крізь слабопрониклив шар

$$V = Q \cdot m_0 / K_0 . \quad (12)$$

Оцінюючи границі досліджень і враховуючи гідрогеохімічний вплив об'єкту (об'єктів) забруднень, можна рекомендувати спрощені розрахункові залежності конвективного переносу, найбільш поширеною із яких є формула "поршневого" конвективно-дифузійного руху забруднювача (Гольдберг В.М., Орадовська А.Е., Бабушкін В.Д., Яковлев Є.О. та ін.).

Частіше всього границі еколого-гідрогеологічних досліджень можуть прийматися з розрахунків на основі залежностей (8-12) та з врахуванням захищеності підземних вод від забруднення з поверхні, розвитку "прискореної" фільтрації в зонах тектонічних порушень чи активних перетоків в місцях техногенного порушення породних масивів (просадки над гірничими виробками, гідророзриви шарів та ін.).

Інженерно-геологічні границі ЕГР в загальному випадку можна розглянути разом з гідрогеологічними, виходячи з порушення рівноваги системи "вода - мінеральний скелет". Оскільки для ТГС оцінка природних (фонових) і техногенних інженерно-геологічних показників утруднена в зв'язку з локальним характером змін породного масиву і процесами, що в ньому відбуваються, еколого-інженерно-геологічне обґрунтування границь досліджень доцільно ув'язувати з рівнем (масштабом) досліджень: регіональним (1:1000000 - 1:500000), територіальним (1:200000) і детальним (спеціальним - 1:50000).

1. Регіональні дослідження (масштаб 1:1000000 - 1:500000).

Еколого-інженерно-геологічні оцінки доцільно проводити на основі матеріалів аерокосмос'йомок (АКЗ) за різні періоди часу з відображенням змін в динаміці ЕГП, перш за все небезпечних (зсуви, карст, просадки). В регіональний рівень еколого-інженерно-геологічних оцінок можуть бути включені аналіз неотектонічної активності і сучасних геологічних рухів земної кори (СГРЗК). Значною інформативністю може відізнатися спільний аналіз динаміки

СГРЗК і гідрогеодеформаційних полів (ГГДП), характеристики яких вкрай необхідні при інженерно-сейсмогеологічному районуванні територій (Лущик А.В., Демчинин М.Г., Чорний Г.І., Рудько Г.І., Білеуш А.І., Нестеренко Г.Ф. та ін.).

2. Середньомасштабні еколого-інженерно-геологічні оцінки (масштаб 1:200000).

Вказані оцінки доцільно проводити на основі узагальнення раніше проведених регіональних оцінок інженерно-геологічних умов, а також існуючих даних про інженерно-геологічний вплив крупних ТПК, ПМА і ТГС. Слід в окремих випадках визначати еколого-інженерно-геологічні границі зон чи об'єктів з врахуванням незворотності техногенних змін породного масиву (зони просадок над гірничими виробками, підтоплення, суфозії, карсту та ін.). При цьому в систему оцінок доцільно включати як характеристику змін ЕГП, так і фізико-механічних, воднофізичних, геофізичних та інших властивостей ґрунтів і порід (точкові і площинні оцінки і зміни).

3. Крупномасштабні еколого-інженерно-геологічні роботи (масштаб 1:50000).

В цілому визначення еколого-інженерно-геологічних границь в процесі крупномасштабних еколого-геологічних робіт повинно базуватися на оцінці стійких (частіше) незворотних змін породного масиву - з однієї сторони, а також враховувати границю можливого впливу гідрогеологічних, геохімічних та ін. змін ГС на інженерно-геологічну стійкість ТГС. При обґрунтуванні еколого-інженерно-геологічних границь складнопобудованих ТГС (шахта з відвалами і ставками - накопичувачами, АЕС з водозабором, складом радіоактивних відходів та ін.) необхідно враховувати зміни гідрогеологічних, геохімічних умов при роботі зв'язаних об'єктів. Наприклад, активізацію суфозійно-карстових процесів в зоні депресії водозабору або підсилення електрохімічної корозії на промйайданчиках з накопичувачами мінералізованих стоків.

Виконаний аналіз регіонального стану ГС свідчить, що ЕГП є найбільш динамічним фактором формування інженерно-геологічних умов та їх екологічних параметрів у складі ТГС [16, 20, 23, 28]. Зважаючи на прискорений техногенний розвиток ЕГП у більшості регіонів України (Рудько Г.І., 1994; Кузьменко Е.Д., 1994; Демчинин М.Г., 1993; Черний Г.І., 1993 та ін.) як головного фактора змін інженерно-геологічних умов, що впливають на формування навколишнього природного середовища і умови життєдіяльності, автор

вперше розробив методику оцінки інженерно-геологічного ризику складної ТГС "АЕС - ГС" (гл. 7, розділ 7.1).

В сучасний комплекс еколого-інженерно-геологічних факторів, що враховуються при оцінках стійкості і обґрунтуванні границь ТГС, при детальних роботах може бути включено зниження сейсмостійкості (умовний приріст сейсмічності) під впливом техногенних факторів. Частіше всього до останніх відноситься техногенне підвищення рівнів ґрунтових вод, що приводить до зниження стійкості системи "мінеральний скелет - вода - техногенний об'єкт" (СНІП II-7-81 "Будівництво в сейсмічних районах").

4.2. Методичні принципи обґрунтування масштабів еколого-геологічних карт (ЕГК)

При обґрунтуванні рівнів ЕГК слід виходити з просторового охоплення (площі) їх планшету і дозволяючої спроможності масштабу. При цьому слід враховувати, що елементарний інформаційний блок карти (площею в 1 см² планшету відповідного масштабу) може мати точкове (свердловина), лінійне (уступ) обґрунтування або бути результатом різної форми осереднення даних (статистичне, зважене по площі та ін.). Виділяючи ЕГК в самостійну групу необхідно звернути увагу на доцільність їх підрозділення, по аналогії з іншими типами екокарт, на 3 великі групи (Берлянт А.М., Ізраель Г.І., Лудик А.В., Островський Л.О. та ін.):

- аналітичні, що характеризують один параметр (властивості) явища, процесу чи об'єкту ГС (ТГС);

- комплексні, що дають спільні зображення параметрів (властивостей), які характеризують процес чи явище (наприклад, розвиток лесу і ризик просідань чи зниження сейсмостійкості);

- синтетичні, що відображають загальні характеристики процесів, явищ чи об'єктів ГС (ТГС), які мають екологічний зміст, наприклад, зв'язок типу ґрунтів з їх здатністю знижувати міграцію радіонуклідів і зменшувати дозу населення.

Аналіз формування еколого-геологічних умов з позиції масо-енергообміну та структури їх відображення на ЕГК свідчить, що при цьому неможливо ізольовано вивчати окремі процеси ГС без врахування зв'язку між ним та суміжними біосферою, атмосферою, поверхневою гідросферою на просторовому і причинно-часовому рівнях. Автором виконана аналітична оцінка формування асоціації ведучих

процесів на рівні їх просторової та часової взаємодії ("грунти - повітря", "грунти - підземні води", "грунти - біосфера" і ін.), де часові зміни обумовлюють динаміку розвитку ТГС, а також надають можливість 3-мірного відображення інформації на ЕГК [24, 27, 30, 35, 51].

Необхідно відмітити наступні особливості ЕГК, які зв'язані з відображенням параметрів ГС, що мають різну динаміку:

1) відносно постійні (наприклад, границі геологічних структур), що визначають тривалість використання даної інформації і її збереження на різних масштабах;

2) мінливі (швидкісні), тобто ті, що характеризують просторово-часові зміни параметрів ГС у величинах, що перевищують дозволяючу спроможність масштабу зображень.

Слід відмітити, що в залежності від просторово-часової структури і складу задач, які розв'язуються в процесі ЕГР, можливі і інші класифікації ЕГК (наприклад, геолого-математичні, на базі комп'ютерної графіки та ін.). Але за оцінками провідних дослідників (Берлянт А.М., Салищев К.А., Садов О.В. та ін.), карта за своєю дозволяючою спроможністю займає проміжне положення між аеро- і космоснімками. Саме це, в основному, дозволило автору обґрунтувати масштабні групи карт для ЕГР і практично оптимальними, як описано раніше, є використання 3-х масштабних груп карт [13, 18, 20, 21, 51].

Приймаючи до уваги діапазон масштабів зображень параметрів ГС (ТГС) на картах регіонального, територіального і детального рівнів, включаючи схеми або карти-врізки, що додаються, можна установити їх зв'язок на основі "поля масштабів зображень ГС (ТГС)". Основою запропонованого графоаналітичного групування різномасштабних ЕГК є:

1) безперервність ГС і його інформаційно-параметричних полів;

2) унаслідування частини параметрів ГС на картах різних рівнів.

Із аналізу приведеної на мал. 4 графоаналітичної залежності ЕГК різного масштабу і складу розділів відображеної на них інформації можна побачити такі закономірності картоскладання основних результатів ЕГР:

- необхідність еквівалентного збереження інформації на всіх рівнях (масштабах) за провідними елементами (екопараметрами) ГС

або ТГС;

- доцільність доповнення карт базового масштабу дрібномаштабними схемами (особливо за провідними параметрами ГС) або крупномасштабними врізками для формування міжрівневого зв'язку ЕГР чи супровідних досліджень; при цьому на локальному рівні досліджень (крупний масштаб) доцільне приведення детальних картографічних матеріалів по дослідно-виробничих полігонах;

- сумісність картографічної інформації на різних рівнях, особливо при побудові комплексних і синтетичних карт.

4.3. Обґрунтування методики обробки одержаних результатів та оцінки стану геологічного середовища з врахуванням його техногенної зміни

Забруднення ґрунтів і донних відкладів водоймищ, як головних "депо" техногенних надходжень, визначається, в основному, валовим вмістом важких металів (ВМ), радіонуклідів (РН) та ін. Доцільно на першому етапі обробки одержаних результатів виконати аналіз інтенсивності і топографії забруднень. При цьому достатньо ефективним є складання крупномасштабних схем забруднення в ПМА і середньомасштабних для прилеглих територій чи ТПК.

В структурі вищеперелічених схем відображаються вектори рози вітрів, можливі шляхи водноповерхневої і гідргеофільтраційної міграції, відокремлюються горбкуваті ділянки і долини річок. Комбінування вищевказаних відомостей з місцезположенням раніше відібраних зразків і намічених до відбору рекомендується виконувати на топооснові укрупненого у порівнянні з робочим масштабу.

В процесі досліджень доведено, що обробку ландшафтного розподілу проб і даних їх аналізів доцільно проводити варіаційно-статистичним методом при умові, що на 1 см^2 карти (в середньому) припадає одне визначення. На основі статобробки уточнюються виділені ландшафтно-геохімічні елементи, перш за все з врахуванням ландшафтно-геоморфологічної спільності. Балансові оцінки кількості ВМ, РН, техногенних сполучень, на нашу думку, є не тільки показником техногенезу, але й масо-енергообміну ландшафтно-геохімічних елементів ГС, ТГС чи ТПК [51, 53, 55, 57, 64].

В свій час широко застосовувались оцінки техногенного накопичення через коефіцієнт концентрації (аномальності) K_k і сумарний показник забруднення $K_{\Sigma\text{ПЗ}} = \Sigma K_k$ (Саєт Ю.Є., Смирнова Р.С.

та ін.). Але слід враховувати, що застосування K_k і $K_{спз}$ приводить до значної формалізації ландшафтно-геохімічних оцінок і звуження еколого-геохімічних оцінок і прогнозів. Необхідно приймати до уваги, що сучасний хімічний стан ландшафтно-геохімічних елементів (ЛГЕ) склався в результаті диференціації речовини на 2-х рівнях - природному і техногенному. При цьому техногенне надходження речовини і його перерозподіл носять часто азонльний характер і характеризуються значною диференціацією форми і станів. Останнє обумовлює широку відмінність здатності до міграції в суміжні середовища (перш за все біоб'єкти) і вкладу в формування екоситуації. Встановлена структура формування екохімічних параметрів ГС на різних взаємовідношеннях природного і техногенного рівнів, свідчить про необхідність оцінок абсолютних кількостей хімічних елементів, в тому числі ВМ, РН і техногенних сполук в ландшафтно-геохімічних елементів (ЛГЕ), що виділяються, в границях ГГС. Як показали балансові оцінки РН і ВМ по західному "сліду" ЧАЕС, Київській ПМА, каскаду Дніпровських водосховищ [41, 42, 46-49], кожна із вказаних екогеохімічних структур відрізняється відносно самостійними умовами формування хімічного балансу при властивих узагальнених показниках латеральної і радіальної міграції. В результаті при обробці результатів аналізів слід враховувати можливий вплив двох закономірних особливостей формування сучасних геохімічних полів:

- різка відмінність запасів хімічних елементів в окремих ЛГЕ (до десятків - сотень разів), як наслідок широких варіацій взаємовідносин природного і техногенного рівнів міграції;
- відносна збіжність геохімічних характеристик при укрупненні території оцінок.

При цьому в границях ЛГЕ переважає радіальна міграція в системах "грунт - біота" і "грунт - материнська порода", що слід враховувати при обґрунтуванні схеми випробування (густота планової мережі і детальність профілів). Геохімічні оцінки природних і техногенних полів показали, що дана властивість ЛГЕ дозволяє зводити їх випробування до одиночних точок, особливо, якщо їх розміри зіставляються з масштабом картування.

Більш крупні генералізації ЛГЕ, до ландшафтно-геохімічних структур (геохімічних ландшафтів різного рівня по Перельману А.І.), приводять до необхідності оцінки латеральної міграції природних і техногенних хімічних елементів і сполук. В цьому випадку

орієнтування мережі випробування ЛГЕ ув'язується з головними шляхами латеральної міграції [9, 30, 32, 37, 39, 48, 54].

Досвід перших еколого-геологічних робіт в ПМА і ТПК (Дніпропетровської, Київської, Горловсько-Єнакієвської та ін.), перш за все геохімічних і радіогеохімічних, показує на необхідність врахування наступних специфічних властивостей ґрунтів при екогеохімічних роботах. До них можна віднести:

- відносну непорушність і стабільність в ландшафтно-геохімічному плані;

- складний механо-хімічний і мінералогічний склад;

- найбільш високу сорбційну здатність в розрізі верхньої зони ГС;

- велику різноманітність форм існування природних і техногенних хімічних елементів і сполук, що визначає стійкість забруднення ґрунтів в техногенних умовах і дуже низьку спроможність їх до самоочищення.

Набагато складнішим є питання схеми і методики відбору зразків ґрунтів. Останнє обумовлено, головним чином, тим, що дуже важко забезпечити репрезентативність проб, особливо при техногенному формуванні ЛГЕ. За оцінками ряду дослідників це обумовлено дією двох головних груп факторів:

- значною просторовою неоднорідністю ґрунтів (на регіональному, районному, локальному і мікрорівнях) в залежності від характеру і глибини профілю;

- високою варіативністю атмосферних випадінь, які на переважній частині України - домінуюче джерело забруднення ґрунтів, особливо в зонах впливу ПМА і ТПК.

Найбільш чітко, це видно на прикладі повітряного радіонуклідного викиду ЧАЕС, коли мала місце відмінність викидів радіонуклідів в часі і кількості (наприклад, цезію-137 близько 1 млн.Кі, стронцію-90 - до 0,23 млн.Кі, плутонію-239, 240 - близько 0,005 млн.Кі). В результаті експериментальних робіт було встановлено, що достатньою оптимальністю при випробуванні поля розподілу цезію-137 відрізняється елементарна комірка 5 × 5 м, побудована за схемою "Конверта" на основі відбору 5 зразків Ø 80 мм до глибини 5 см, де до теперішнього часу в умовах природного складу знаходиться до 85 - 95% радіонуклідів. В той же час виділення різних кількостей радіонуклідів цезію-137, стронцію-90 і плутонію-239, 240 обумовлює формування різної неоднорідності

полів їх розподілу, особливо стронцію-90 і плутонію-239, 240. В цих умовах, згідно з авторськими оцінками, для рівнопоказного випробування було б доцільне збільшення розміру двомірного конверту для стронцію-90 і плутонію-239, 240 пропорційально кореню квадратному із співвідношення об'ємів РН викидів R:

$$\sqrt{R_{Cs} / R_{Sr}} \quad \text{або} \quad \sqrt{R_{Cs} / R_{Pu}} \quad (13)$$

Відповідно до вищеприведених розрахунків розмір "конверта" міг би скласти, приблизно, 12 × 12 м для стронцію-90 і 80 × 80 м - для Рн-239, 240.

Якщо виходити із оптимальних розмірів проб з врахуванням рівнопоказникових кількостей РН, що відбираються на аналіз і мають різний об'єм викиду, то при діаметрі кілець для цезію-137 в 80 мм, потрібно було б збільшити їх до 160 мм для стронцію-90 і до 1200 мм - для плутонію-239, 240. В результаті мало б місце різке збільшення трудоемкості процесу на всіх стадіях робіт. Вищевказаний аналіз свідчить про необхідність оцінки оптимального числа проб по найбільш варіабельному елементу (радіонуклід, хімічній сполуці) при збереженні уніфікованої схеми випробування.

З довгоіснуючих радіонуклідів ЧАЕС - цезію-137, стронцію-90 і плутонію-239, 240 - найбільшою варіабельністю відрізняється плутоній-239, 240. Це зв'язано з його активною атоміграцією і підвищеною схильністю до вітропилового піднімання. Статистичний аналіз полів вищевказаних РН ЧАЕС в межах Київ ПМА, одержаних за загальноприйнятою схемою випробування конвертом 5 × 5 м, був виконаний із застосуванням комп'ютерної програми на основі масиву із 779 синтопних (одномісних) проб цезію-137, стронцію-90 і плутонію-239, 240, відібраних ДГП "Північукраїногеологія" і "Кіровогеологія".

Для аналізу використані випадкові вибірки із 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 і 779 проб, кожна із яких потім оброблювалась з оцінкою статистичних характеристик масиву. Аналіз показав, що в межах площі робіт оцінка кількості забруднюючого елементу може бути достовірною у випадку, якщо його середнє значення в масивах із різного числа проб відрізняється на величину точності аналізу.

4.4. Обґрунтування критеріїв оцінки еколого-геологічного ризику

В теперішній час загальноприйняті принципи і методи оцінки екологічного ризику геологічного середовища (ЕРГС) відсутні, хоча потужна сумарна дія на нього природних і техногенних факторів, як свідчать раніше приведені оцінки (розділи 1, 3), обумовлюють необхідність розробки і створення комплексного показника стану і безпеки верхньої зони літосфери.

Розроблений автором вибір показників для оцінки ЕРГС базується на тому, що для визначення стану і змін ГС достатні наступні групи параметрів: геохімічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні, геолого-геофізичні (інженерно-сейсмологічні). Особливістю обґрунтування параметрів для оцінки ЕРГС є їх тісний зв'язок з явищами і процесами як притаманними самому ГС, так і тими, що діють на нього зовні.

Комплексна структура ЕРГС показує, що для його оцінки необхідно дотримуватися слідуючих умов:

1) вимірюваність екопараметрів ГС;

2) конкретність і нормованість показників стану ГС чи її основних елементів.

В роботах ряду вітчизняних і зарубіжних авторів (Х.Бахлмен, 1970 р., Є.А.Мейдеггер, 1981 р., А.І.Шеко, 1994 р., О.М.Адаменко, 1995 р., Г.І.Рудько, 1994 р., Є.Є.Ковальов, 1983 р., А.В.Лушник, 1991 р. та ін.) поняття ризику навколишнього природного середовища використовується при характеристиці ситуацій в природі або природно-техногенних системах, коли можливе виникнення явищ чи процесів, здатних знищити людей і наносити матеріальний збиток. В зв'язку з цим ЕРГС за межами ТГС практично можна вважати відсутнім. Дійсно, як показує аналіз, якщо не зв'язувати оцінки ЕРГС з можливими негативними наслідками для людини, то значно ускладнюється питання градації небезпечності змін ГС, практично треба буде їх прив'язати до масштабу змін параметрів ГС.

В цьому випадку під ЕРГС розуміємо імовірність небезпечних дій на людину геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних, геолого-геофізичних (інженерно-сейсмогеологічних) процесів в межах визначеної території і в визначений проміжок часу. В той же час безпека геологічного середовища (НГС) не залежить від освоєності території, масштабу розвитку ТГС і визначається генетични-

ми особливостями геохімічних ландшафтів, рівенного і хімічного режиму підземних вод, а також інтенсивністю розвитку ЕГП, проявлення сейсмічних і тектонічних процесів. Таким чином, НГС і ЕРГС мають генетичний взаємозв'язок через те, що вони базуються на загальних інтегральних характеристиках ГС, які відображаються в параметрах його стану. Але в той же час ЕРГС - це реалізована або можлива реалізація небезпеки негативної дії на здоров'я людей, об'єкти їх життєдіяльності. В зв'язку з цим ЕРГС, як було показано автором в роботах [44-47], може мати статистичні, екологічні і економічні оцінки.

Результати обробки і аналізу даних багаторічного моніторингу ґрунтів, підземних вод і ЕГП території України свідчать, що для сучасної оцінки ЕРГС необхідно використовувати такі групи параметрів, що характеризують головні процеси взаємодії ГС і людини:

1) геохімічні (ГХ), радіогеохімічні або дозові (Д);
2) гідрогеологічні (ГГ), обумовлені, в основному, забрудненням питних підземних вод;

3) інженерно-геологічні (ІГ) та інженерно-сейсмогеологічні (ІСГ), обумовлені дією небезпечних ЕГП.

Таким чином, по аналогії з радіаційним (соматичним і генетичним) та комплексним технологічним ризиком ЕРГС в загальному вигляді доцільно записати в формі виразу:

$$R_{ГС} = r_{ГХ} + r_{ГГ} + r_{ІГ} + r_{ІСГ} \quad (14)$$

Компоненти геохімічного ризику $r_{ГХ}$ функціонально можна записати як:

$$r_{ГХ} = \left| \sum_{i=1}^n Q_i C_i^x \alpha_i^x + \left| \sum_{i=1}^n Q_i C_i^R D_i^B + D^{B^R} \right| \alpha_i^R \right| \quad (15)$$

де Q_i , C_i^x , C_i^R - відповідно основні види харчових продуктів, концентрацій хімічних елементів і сполук, радіонуклідів, що в них нормуються; D_i^B - дозовий еквівалент радіонукліду при харчовому надходженні в Зв/Бк (бер/Бк); D^{B^R} - радіаційна доза, обумовлена зовнішнім опроміненням радіонуклідно забруднених ґрунтів; α_i^x , α_i^R - відповідно, хімічний і радіонуклідний ризик дії хімічних елементів і радіонуклідів (люд/мг, люд/бер).

Вплив підземних вод на формування ЕРГС, як показують аналізи, головним чином зв'язаний з техногенним забрудненням джерел господарсько-питного водопостачання; вплив підтоплення або зниження рівнів носить дуже обмежений характер і може стати причиною ряду ЕГП (суфозія, просідання та ін.), які доцільно оцінювати в інженерно-геологічній складовій ЕРГС.

Таким чином, гідрогеологічна складова ЕРГС ($\Gamma_{гг}$) може бути оцінена як функція сумарного показника забруднення (СПЗ) підземних вод відповідно до вимог ДЕСТ "Вода питна":

$$\Gamma_{гг} = \left[\sum_{i=1}^n (C_i / C_{гдк}) \alpha_i^r \right] \quad (16)$$

де C_i , $C_{гдк}$ - відповідно, фактичні і допустимі концентрації нормованих речовин в підземній воді питної якості; α_i^r - гідрогеохімічний ризик вживання забруднених питних вод.

Раніше нами відзначалось, що інженерно-геологічна складова ЕРГС ($\Gamma_{гг}$) обумовлена впливом небезпеки регіонального розвитку ЕГП на формування ризику для об'єктів життєдіяльності. Ураженість території небезпечними ЕГП (зсуви, карст, просідання, підтоплення та ін.) може бути оцінена коефіцієнтом ураженості:

$$K_{огп} = \frac{f_1}{F \cdot t} \quad (17)$$

де f_1 - сумарна площа кожного виду об'єктів ЕГП; F - площа території, що оцінюється; t - час існування об'єкту ЕГП від проявлення до повного затухання.

Відповідно до визначення небезпечності і ризику ЕГП, що було подане раніше, інженерно-геологічний ризик ТГС в структурі оцінки ЕРГС виражатиметься у вигляді:

$$\Pi_{гг} = \left[\frac{f_1}{F \cdot t} \alpha \right] = (K_{огп} \alpha) \quad (18)$$

де α - частка забудови території ТГС.

Під інженерно-сейсмологічною складовою ЕРГС пропонується розуміти комбінований ефект, обумовлений взаємодією сейсмічних про-

Таблиця 6

Загальні показники стану захворюваності населення
та техногенного навантаження на геологічне середовище
(ЕСС) адміністративних областей України

N п/п	Адміністративна область	Захворюваність населення		Модуль техногенного навантаження на ге- ологічне середовище	
		загальна (на 100000 люд.)	бали	тис. тон/км ² рік	бали
1	2	3	4	5	6
1	Вінницька	66550	3	44	3
2	Волинська	66550	3	6	1
3	Дніпропетровська	72250	4	97	4
4	Донецька	72250	4	99	4
5	Житомирська	60850	2	6	1
6	Закарпатська	55150	1	6	1
7	Запорізька	72250	4	97	4
8	Ів.-Франківська	60850	2	15	2
9	Київська	77950	5	108	5
10	Кіровоградська	60850	2	10	2
11	Луганська	72250	4	41	3
12	Львівська	77950	5	25	3
13	Миколаївська	66550	3	8	1
14	Одеська	66550	3	18	2
15	Полтавська	55150	1	12	2
16	Рівненська	55150	1	8	1
17	Сумська	55150	1	7	1
18	Тернопільська	55150	1	10	2
19	Харківська	77950	5	19	2
20	Херсонська	60850	2	13	2
21	Хмельницька	55150	1	11	2
22	Черкаська	66550	3	25	3

1	2	3	4	5	6
23	Чернігівська	60850	2	8	1
24	Чернівецька	60850	2	9	1
25	Автономна республі- ка Крим	77950	5	37	3

цесів і ЕГП, здатних до активізації під час землетрусу (зсуви, суфозія, підтоплення та ін.). В зв'язку з цим загальний вираз для визначення інженерно-сейсмо-геологічного ризику може бути записано наступним чином:

$$r_{\text{сг}} = (1 / T_p \beta) . \quad (19)$$

де T_p - періодичність руйнівних землетрусів, років; β - коефіцієнт ефективності інженерно-будівельних захисних споруд.

Для параметризації дій на верхню зону літосфери нами введено поняття модуля техногенного навантаження на ГС ($M_{\text{тг}}$), під яким розуміємо сумарну кількість повітряних викидів, добрив, що вносяться, твердих відходів та інших техногенних домішок, що формуються в межах адміністративних районів (областей) в т./км² (табл. 6).

Виконана графоаналітична оцінка зв'язку $M_{\text{тг}}$ із захворюваністю і смертністю (мал. 5) показує, що при істотній різниці вказаних показників є достатньо чіткий функціональний зв'язок між антропогенним забрудненням ГС і умовами життєдіяльності. Аналіз еколого-геологічних карт, зв'язаних з накопиченням повітряних, водних і твердих джерел забруднення ГС металами, радіонуклідами і хімічними сполуками, свідчить, що розповсюдження техногенних забруднень відбувається у формі потоків, схожих із вторинними ореолами родовищ. Внаслідок цього міграції окремої людини чи груп населення в декількох зонах дозволяють використовувати середні показники техногенного навантаження і змін ГС по відносно крупних адміністративних територіальних підрозділах (район, область, промислово-міська агломерація, територіально-виробничий комплекс).

В цілому з аналізу структури еколого-геологічного ризику випливає, що він є категорією кількісно-вірогідною, що зміню-

ється як в просторі, так і в часі.

5. ПРОГНОЗ ПРОЦЕСУ ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

На основі аналізу матеріалів еколого-геологічних досліджень Держкомгеології, НАН України, Мінекобезпеки України автором встановлено, що для обґрунтування прогнозу змін хімічних показників ГС в загальному необхідні:

- 1) оцінка кількостей техногенних надходжень ТМ, РН, сполук і речовин при існуючій перспективній схемі формування господарчого комплексу регіонів і держави в цілому;

- 2) відносно достовірна оцінка характеристик існуючих природних і техногенних геологічних явищ і процесів, а також обумовлених взаємодією із суміжними біосферою, атмосферою, гідросферою;

- 3) виділення ведучих геологічних процесів в формуванні ТГС;

- 4) критерії екологічної оцінки ГС в цілому, у тому числі при перевазі одних процесів над іншими, а також гранично допустимих еколого-геологічних навантажень (ГДЕГН).

Враховуючи вищенаведене означення, в проблемі ЕГ - прогнозу може бути виділено 2 напрями:

- оцінка змін ГС і їх впливу на біосферу в зонах довгострокового формування ТГС та інтенсивних техногенних впливів об'єктів та ін.;

- оцінка впливів нових і проєктованих об'єктів, що характеризуються, відповідно, початковим розвитком ТГС або практичною відсутністю порушеності природного навколишнього середовища.

Накопичений науковими і виробничими організаціями досвід ЕГ прогнозів дозволяє з урахуванням їх точності і комплексності виділити 3 групи:

- 1) розроблені на детермінованій основі для природних і техногенних процесів, що відзначаються значною вивченістю і чіткістю прояву, який обумовлює можливість застосування достатньо дорогих розрахункових схем, рівнянь і моделей (переважно гідрофільтраційні рівняння і моделі, меншою мірою - інженерно-геологічні і геохімічні та ін.);

- 2) напівкількісні (імовірнісні, трендові, натурна аналогія), що застосовуються при прогнозі розвитку складних ТГС, недостатньо вивчених техногенних процесів ГС (наприклад, формування ПМА гір-

ничих районів, складне забруднення ГС із впливом залізобактерій, мікроорганізмів, розвитком нафто-газохімічного забруднення; біо-геохімічного та ін., перерозподілом РН, ТМ, в ГС і НПС);

3) якісні - для маловивчених техногенних процесів складного і несталого характеру розвитку (особливо у початковому періоді аварійних ситуацій), що відзначаються комплексними просторово-часовими змінами НПС та ГС, багато з яких можуть мати різну спрямованість (підвищення рівня ґрунтових вод із збільшенням їх балансових ресурсів та погіршенням якості за рахунок вилуговування розчинних у воді солей із зони аерації та ін.).

Розглядаючи еколого-геологічний прогноз як частину екопрогнозу НПС, необхідно виділити в його формуванні наступні методичні положення:

1) структурно-динамічний підрозділ ТГС (по головним комплексам і групам геологічних процесів або процесів формування ГС; так, наприклад, геохімічні, гідрогеологічні та ін.);

2) вивчення і оцінка сталості ТГС при обґрунтуванні ГДЕГН, яку останнім часом можливо розуміти як здатність ГС до самоочищення за рахунок трансформації техногенних впливів (речовин) або їх виносу в НС, за межі ТГС;

3) вивчення співвідношення природних і техногенних факторів формування ТГС (з урахуванням головного значення природних факторів ГС навіть в умовах інтенсивного техногенезу).

Далі розглядаються методичні схеми основних структурних елементів ЕГ прогнозу.

5.1. Еколого-геохімічний (ландшафтно-геохімічний) прогноз ТГС

Основним змістом еколого-геохімічного (ландшафтно-геохімічного - ЛГП) прогнозу є оцінка змін хімічного складу ґрунтів, а також характеру поведінки в них природних і техногенних речовин в ТГС.

Однією з задач еколого-геохімічного прогнозу (ЕГХП) є визначення граничних меж хімічного перетворення ґрунтів різних ландшафтів, перш за все з урахуванням рівня біоміграції. За сучасними оцінками ведучих геохіміків (Перельман О.І., Сочава В.В., Кожара В.Л., Назаров О.Г., Пристер Б.С., Соботович Е.В. та ін.) природні параметри і баланси хімічних речовин у верхній зоні ГС (ґрунти)

повинні використовуватися як фон (база) ЛГП в структурі ЕГ прогнозу. Техногенні фактори і процеси при цьому вносять зміни і обумовлюють формування техногенних геохімічних полів або систем (біо-, гідро- або атмо- геохімічних). Доказом вищевказаного може бути встановлена в багатьох роботах [24, 42, 43, 49] по радіогеохімічній оцінці західного "сліду" ЧАЕС аналогічність схем міграції радіонуклідів і металів з урахуванням їх геохімічної подібності: калій - цезій-137, кальцій - стронцій-90 та ін. Априорно можливо виділити наступні основні джерела геохімічного забруднення ГС: накопичення твердих відходів і внесення добрив, осідання із атмосфери у вигляді "сухих" і "мокрих" випадань і привнесення поверхневим стоком (включаючи осідання з донними відкладами і в зоні повеневого затоплення). У зв'язку із значною варіативністю геохімічних показників, їх аналіз та оцінки в межах ландшафтно-геохімічних структур можливі, в основному, із застосуванням статистичних вибірок (груп). Тому на регіональному і середньомасштабному (обласному) рівні ЕГХ - прогнозу може переважати використання трендового аналізу виявлення геохімічних тенденцій і залежностей виду $C = f(t)$, де t - час. При цьому слід виконати узагальнену оцінку відносної стабільності механізмів формування НПС та ГС на протязі всього часового інтервалу прогнозу. В зв'язку з цим необхідно врахувати, що не слід чекати високого ступеня підтвердження трендових прогнозів для великих проміжків часу, оскільки неможливо гарантувати довгострокову сталість природних і техногенних факторів, а отже і усталених тенденцій. Головним елементом таких прогнозів є завчасне виявлення тенденцій (або факторів), що здатні призвести до негативних змін ландшафтно-геохімічних умов (взаємозв'язаних з ними параметрів НС).

В загальному для ЕГХП можуть бути використані різні варіанти залежності виду

$$C_t = C_0 + C \cdot t, \quad (20)$$

де C_0 - фонові (або початкові) концентрації в ґрунті (елементів ГС) речовини, що оцінюється; C - швидкість надходження речовини, що оцінюється за одиницю часу; t - часовий інтервал прогнозу (оцінки або епігнозу).

У ряді робіт наведено декілька авторських розрахункових геохімічних схем, заснованих на побудові на різні моменти часу (t_1 ,

$t_2, \dots, t_1$) трендових залежностей виду:

$$\lg (C_r / C_{\min}) = f \lg r, \quad (21)$$

де C_r , $C_{\min}$ - відповідно, концентрація будь-якого елемента (сполуки) в групах на відстані r і його мінімальний (фоновий) вміст.

Враховуючи різноманітність впливу повітряних викидів на геохімію ґрунтів (ландшафтно-геохімічних елементів), що часто призводять до формування дуже неоднорідних і контрастних геохімічних полів, можуть бути використані і інші розрахункові схеми і залежності, в т.ч. опубліковані за останні роки у зв'язку з потужним радіо-екогеохімічним впливом Чорнобильської АЕС (Лютій Г.Г., 1990 р., Яковлев Е.О., 1989 р.).

Видається можливим рекомендувати при прогнозі радіогеохімічного забруднення ґрунтів в природних і техногенних умовах використовувати авторські модифікації розрахункової схеми, запропонованої Н.С.Расмуссеном

$$C_t = C_0 e^{-\lambda_0 t} \left[0,5 e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} \right], \quad (22)$$

де C_t - прогнозна концентрація РН в ґрунті на момент часу t після аварії; C_0 - концентрація радіонуклідів на найближчий до аварії момент атмогеохімічного забруднення ґрунтів ("початковий" рівень); λ_0 - коефіцієнт природного радіоактивного розпаду, у загальному випадку $\lambda_0 = \ln 2 / T$; T - період піврозпаду; $\lambda_1 = -\ln 2 / T_1$; T_1 - період напіврозпаду (напіввиведення), обумовлений процесами водоповерхневої міграції, біоміграції; може бути поділений на окремі значення, іноді з додатковим балансом РН (наприклад, при внесенні гною, торфу, сапропелю, зрошувальних вод та ін.); $\lambda_2 = \ln 2 / T_2$; T_2 - період напіврозпаду (напіввиведення), обумовлений дією факторів радіальної (вертикальної) гео-міграції; по попереднім даним T_2 може досягати 100 років.

В цілому необхідно відзначити, що на значній території України головне значення в ЕГХ прогнозах надається природному розпаду РН, динаміка концентрації яких в ГС (НС) може бути описана залежностями виду:

$$C_0 / C_t = 2^{t/T} \quad (23)$$

або

$$t = 3,3 T \lg (C_0 / C_t) . \quad (24)$$

де C_0 , C_t - концентрація радіонукліда відповідно, на початковий t_0 та кінцевий t періоди.

Наведений вище аналіз основних моделей формування геохімічних умов, а також кількість і якість наявної ретроспективної та сучасної інформації дає підставу стверджувати, що останнім часом регіональний і середньомасштабний довгостроковий еколого-геохімічний прогноз в абсолютних показниках по концентраціям і балансам ТМ, РН та хімполук можливий тільки при значних просторових і часових усередненнях. Використання математичних моделей для прогнозу, як свідчить досвід, слід давати перевагу на локальному і об'єктовому рівнях. При цьому не слід виключати, що при прогнозуванні на регіональному рівні і в складних умовах, можуть застосовуватися прості і достатньо відпрацьовані моделі і розрахункові схеми.

Таким чином, ландшафтно-геохімічний (геохімічний) прогноз як частина еколого-геохімічного прогнозу має за мету оцінку хімічних змін верхньої зони ГС і граничних техногенних навантажень і може бути зараз розроблений на основі розрахункових і натурних (експериментальних) досліджень.

5.2. Еколого-гідрогеологічний прогноз (ЕГГ - прогноз) в ТГС

Еколого-гідрогеологічні прогнози є одним із найважливіших структурних елементів оцінки екологічного стану ТГС і зараз відносяться до найбільш розроблених у зв'язку з широким використанням в процесі розвідки і оцінки запасів підземних вод гідрогеохімічних, фільтраційних, міграційних і сорбційних розрахункових схем (Бочевер Ф.М., Орадовська А.Е., Лапшин Н.Н., Гольдберг В.М., Газда С., Мінкін Е.М., Шестаков В.М., Шестопалов В.М., Шелкачов В.Н., Мироненко В.А., Руминін В.І., Учасв В.К., Дубинчук В.Т., Поляков В.А., Гудзенко В.В., Іодказис В.І., Климас А.І., Лялько В.І., Філіпов Д.Ф. та ін.).

Основні завдання ЕГГ - прогнозу можливо звести до рішення наступних головних гідрогеологічних задач:

1) оцінка стану та закономірностей формування підземних вод в умовах техногенезу (зміна волого-, соле- та теплопереносу, надходження забруднювачів та ін.);

2) визначення захисної здатності геогідросфери в природних і техногенних умовах;

3) оцінка взаємозв'язку гідрогеологічних процесів з іншими процесами ТГС та суміжних елементів навколишнього природного середовища.

Оскільки численні гідрогеофільтраційні, гідрогеоміграційні та гідроенергетичні розрахункові схеми широко викладені в літературі, то в даній роботі не передбачено обґрунтування теоретичних основ ЕГГ - прогнозів (Боревський Б.В., Язвін Л.С., 1979; Мironenko В.А. і ін., 1980; Гольдберг В.М. і ін., 1984; Плутніков М.І., 1991).

Зараз розроблено багато розрахункових геолого-математичних моделей для переміщення рідини різної в'язкості і густини, з урахуванням термо- і газліфту та ін. У зв'язку з цим даний розділ викладається досить стисло, з показом принципових напрямів ЕГГ - прогнозу.

Як показує аналіз, найбільша динамічність гідрогеофільтраційних умов характерна для ділянок водозаборів, дренажів, закачки промстоків та ін. об'єктів, експлуатація яких призводить до великих змін рівневого режиму водоносних горизонтів, що формують гідрогеологічний розріз. Для оцінки та ЕГГ - прогнозу в даних умовах доцільно використовувати фільтраційну схему перетікання підземних вод, коли експлуатація основного горизонту відбувається без істотних змін рівнів у сусідніх горизонтах, що його живлять [1, 2, 7-10, 12, 14, 16, 22]. При цьому припускається, що додаткове живлення горизонту, який експлуатується, збільшується з плином часу і через його відносно невеликий проміжок повністю компенсує водовідбір. Найбільш інтенсивним перетіканням буде на контакті із затрубним простором обсадної колони, де виявляється дія повного зниження рівня при водовідборі (або підвищення при нагнітанні).

До теперішнього часу залишався недостатньо вивченим вплив змін гідрогеофільтраційного режиму та енергетичного балансу водоносних горизонтів на формування ЕГГ умов. В зв'язку з цим автором були виконані аналітичні дослідження взаємозв'язку фільтраційних

та енергетичних параметрів в процесі підземного поховання стічних вод в глибокі водоносні горизонти (колектори). В загальному випадку, згідно з основними теоретичними положеннями пружного режиму фільтрації (Щелкачев В.М., 1959; Бочевєр Ф.М. і ін., 1968; Мироненко В.А., Шестаков В.М., 1974; Яковлев Є.О., 1976, 1977) пружня водовіддача горизонту - колектора

$$\mu_{пр} = M n \gamma 1/E_{пл} . \quad (25)$$

де M , n , $E_{пл}$ - відповідно, товщина, пористість, модуль об'ємної, деформації водоносного горизонту - колектору; γ - об'ємна вага підземних вод горизонту - колектору.

Таким чином, в елементарному кільцевому елементі репресії розміром $2\pi r dr$ з загальним тиском рідини $H_0 + S^*_{r,t}$ буде виконана робота нагнітання (мал.11):

$$dA_n = 2\pi r dr \left(H_0 + \frac{S^*_{r,t}}{2} \right) M_n \frac{S^*_{r,t}}{E_{пл}} . \quad (26)$$

де H_0 - природний напір водоносного горизонту - колектору; $S^*_{r,t}$ - фільтраційне підвищення рівня на відстані r після часу t ; $r_0 < r < R_t = 2(a t)^{1/2}$, де R_t - радіус впливу репресії (депресії).

Із сумісного вирішення залежностей (25 - 26), яке наведено в авторських роботах [1, 2, 6-8, 10, 11], слідує, що зміна кількості потенційної енергії водоносного горизонту - колектору при нагнітанні A_n (відкачці $A_{отк}$) дорівнює:

$$A_n = \int_{r_0}^{R_t} 2\pi r dr (H_0 + S^*_{r,t}/2) M_n S^*_{r,t}/E_{пл} . \quad (27)$$

$$A_n = \pi R_t^2 (H_0 + S^*_{ср}) M_n S^*_{ср}/E_{пл} . \quad (28)$$

$$A_{отк} = \pi R_t^2 S_{ср} M_n S_{ср}/E_{пл} . \quad (29)$$

де $S^*_{ср}$, $S_{ср}$ - відповідно середні підвищення та зниження рівня підземних вод в контурі репресії та депресії.

Розрахункова залежність для вертикальної складової швидкості перетікання крізь водотривкий шар потужністю m_0 , активною пористістю n_0 , що виражена через час перетікання $t_{пер}$ при відкачуванні запропонована проф. Гольдбергом В.М. і має вигляд

$$t_{пер} = k m_0^2 n_0 / 2 Q k_0, \quad (30)$$

де $k m$ - водопровідність основного горизонту, $m^2/\text{добу}$; Q - дебіт найбільш глибокої свердловини, $m^3/\text{добу}$; k_0 - коефіцієнт фільтрації водотривкого шару (грунту), що перекриває основний горизонт, $m/\text{добу}$. При нагнітанні та прояві додаткового напору H_{0x} автор пропонує залежність (30) використовувати у вигляді

$$t_{пер} = m_0^2 n_0 / [k_0 (H_{0x} + 2 Q / k m)] . \quad (31)$$

Окрім оцінок часу (швидкості) перетікання у багатьох випадках виникає необхідність експрес-оцінки горизонтальної швидкості фільтрації V_x , для якої автор рекомендує використовувати перетворення формул Дарсі та Дюпії [2, 7, 8, 10, 11]

$$V_x = \frac{k S_0}{x \ln R/r_0}, \quad (32)$$

де k - коефіцієнт фільтрації основного горизонту, $m/\text{добу}$; x - відстань від свердловини, де визначається V_x , m ; $r_0 < x < R$; S_0 - зниження в свердловині, m ; R - радіус впливу свердловини, m ; r_0 - радіус водоприймальної частини (фільтру), m .

Згідно з виконаними дослідженнями (Яковлев Е.О., Сторчак М.П., Гольдберг В.М., Боровський В.В. та ін.) H_{0x} виражає собою відповідну реакцію водоносного горизонту - колектору на рідину, що нагнітається, до початку її фільтраційного руху з урахуванням жорсткості ("реактивності") водотривів і системи "свердловина - шар - колектор". Більш повно структура ЕГГ - прогнозу при похованні промстоків в глибокі водоносні горизонти розглянута у "Тимчасових методичних рекомендаціях по розрахункам полігонів поховання промислових стічних вод на основі взаємозв'язку фільтраційних та енергетичних параметрів глибоких водоносних горизонтів" [10],

5.3. Еколого - інженерно - геологічне прогнозування (ЕІГ - прогноз) в ТГС

ЕІГ - прогноз повинен базуватися на загальних закономірностях розвитку ЕГП в природних умовах і при наявності впливу техногенезу. В цілому, як показали роботи ВСЕГІНГЕО, УкрГІМР та багатьох інших (Шеко А.І., Контцель В.В., Островський А.Б., Лушчик А.В., Рудько Г.І., Зелінський І.П., Лужецький А.Н., Антюхов В.А., Ериш І.Ф., Кузьменко Е.Д. та ін.) за основу регіональних та середньомасштабних ЕІГ - прогнозів може бути прийнята оцінка можливості (ймовірності) прояву ЕГП того чи іншого виду. В загальному випадку для оцінки динаміки і умов розвитку ЕГП як головного елементу природних і техногенних проявів змін інженерно-геологічних умов, складаються інженерно-геологічні карти, в тому числі районування по екзогеодинамічним показникам. При цьому рекомендується просторово-часову динаміку прояву ЕГП оцінювати різноманітними якісними показниками: коефіцієнтом ураженості, геодинамічним потенціалом, відносною мінливістю. Досвід робіт МДУ, ВСЕГІНГЕО, УкрГІМР, ДГП "Геопрогноз" дозволяє зробити попередній методичний висновок, що ЕІГ - прогноз може базуватися на аналізі структурно-геологічних та літо-фаціальних факторів, використанні натурних аналогій, а також математичному і натурному моделюванні (Рудько Г.І., Саломатін В.Н., Іванов Б.Н., Дублянські В.Н. і Г.Н. та ін.). Слід звернути увагу на те, що загальним моментом для всіх стадій ЕІГ - прогнозів є складання базових і спеціальних (балансово-оціночних) інженерно-геологічних карт різних масштабів та змісту. За оціночно-прогностичні елементи можуть бути прийняті показники стійкості схилів, фактори активізації схлизових процесів, щільність техногенних впливів, рівень природної сейсмічності та фактори зниження сейсмостійкості (підтоплення, карст, суфозія та ін.). Підвищенню достовірності ЕІГ - прогнозу сприяє застосування системного підходу (Зелінський І.П., Рудько Г.І., Демчишин М.Г., Білеуш А.І., Черний Г.І.). В цьому випадку ГС розглядається як відкрита система, в якій прояв техногенезу перш за все посилює природні ЕГП, а потім, при високих рівнях перетворення верхньої зони літосфери, може викликати сталі техногенні ЕГП. При цьому територію досліджень для цілей ЕІГ - прогнозу доцільно поділити на самостійні системи за геолого-структурними, літоло-

го-фаціальними, екзогеодинамічними та ін. ознаками. Градації факторів, що використовуються для ЕІГ - прогнозування, можуть бути досить різноманітні, але їх детальність повинна узгоджуватися з точністю визначення основних із них. Як свідчить досвід інженерно-геологічного картування території України, ЕІГ - прогноз має використовуватися на всіх стадіях господарського освоєння території, включаючи розвідку родовищ корисних копалин. На закінчення слід зауважити, що структура ЕІГ - прогнозу в загальному включає:

1) вивчення складу ЕГП, їх рівня просторово-часового розвитку, впливу на сталість ТВК, ПМА, типологічних ТГС;

2) аналіз інженерно-геологічного впливу факторів техногенезу (порушення схилів, посилення хімічної або механічної суфозії, зниження міцності, підтоплення та ін.);

3) сумарну оцінку екзогеодинаміки ГС в природно-техногенних умовах;

4) виділення ТГС різного ступеня ураженості ЕГП та прогноз їх розвитку під впливом господарської діяльності.

За останні роки поряд з прогнозом змін ГС у розглянутих вище напрямках, розвиваються дослідження по розробці загального екологічного прогнозу навколишнього природного середовища (НПС), в яких геологічний напрям не відокремлюється, а розглядається у взаємозв'язку об'єктів, процесів і явищ НПС. Оскільки при цьому розглядається НПС в цілому, основним завданням часто буває не зменшення негативних впливів техногенезу, а вибір економічно оптимального (часто дешевого) варіанту проекту (техногенного об'єкту) або захисних заходів. Досвід свідчить, що при цьому кінцеві прогнози оцінки всеодно залежать від повноти та достовірності (точності) вихідних даних, кількість яких може досягати багатьох сотень і тисяч, тому їх спільна обробка можлива тільки з використанням ЕОМ. Оцінки, що при цьому одержуються, мають відносний характер, в зв'язку з чим з них необхідно виділити головні процеси або впливи, перш за все у вигляді змін ГС. Перша спроба комплексного прогнозування екологічного ризику ГС на регіональному і середньомасштабному рівні по головним складовим вперше розглядається у цій роботі.

6. РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНАХ АЕС

6.1. Методика моніторингу

Практична важливість розробки достовірної моделі міграції техногенних радіонуклідів пов'язана з тим, що, надходячи на велику площу впливу атомно-енергетичного об'єкта (АЕО) при режимі експлуатації в дуже малих кількостях у порівнянні з природним фоном, вони можуть накопичуватися в локальних зонах біосфери, гідросфери і літосфери як наслідок сталої дії природних механізмів міграції та довгого часу розпаду [42, 43].

Сучасні наукові розробки з масоенергообміну трьох основних середовищ: атмосфери, гідросфери і літосфери, наведені в роботах В.А.Ковди (1976 р.), К.І.Лукашова (1976 р.), Ю.А.Ізраеля (1984 р.), А.Л. Чижевського (1976 р.), свідчать про значну мінливість його параметрів та гідрогеохімічних циклів різних елементів.

Наведені дані показують, що після осідання із приземного шару повітря на поверхню рослин, ґрунтів і водоймищ радіонукліди вступають у гідрогеохімічну міграцію верхніх зон літосфери та гідросфери, що характеризуються значно меншою у порівнянні з атмосферою (в 10^3 - 10^6 разів) швидкістю. Винятком може бути вітровий перенос нуклідів з ґрунтовим пилом або з муристо-водяним потоком річок та струмків. Вплив вказаних факторів на гідрогеохімічну міграцію радіонуклідів тісно пов'язаний із сталістю переважających напрямів вітру і турбулентно-швидкісними параметрами стоку річок та водосховищ, що визначають активність переміщення мулово-водяних придонних мас.

Розглянемо основні характеристики головних факторів міграції техногенних нуклідів у навколишньому природному середовищі: метеорологічного, гідрологічного, ландшафтного, гідрогеологічного та біосферного. З даних, наведених у роботі [24], видно, що середнє значення швидкості осідання радіоактивних аерозолів $V_0 = 1 \pm 0,2$ см/с в межах відстаней 0,9 - 2,0 км від джерела надходження. При висоті вентиляційно-витяжної труби $H = 130 + 150$ м мінімальний час осідання на поверхню ґрунтів і водоймищ складає:

$$t = H / V_0 = (130 + 150) \cdot 10^2 / (1 \pm 0,2) \approx 4 \text{ год.} \quad (33)$$

З урахуванням середньої швидкості вітру $W = 4 + 8$ м/с ($15 + 30$ км/год) радіус зони інтенсивного осідання радіоактивних аерозолів складає

$$R = W t = W (H / V_0) = 60 + 120 \text{ км.} \quad (34)$$

Для метеорологічних факторів переносу радіонуклідів, як показують наведені розрахунки, характерні найбільш великі швидкості та збільшені розміри площ розподілу (до сотен і тисяч квадратних кілометрів). Одночасно для аерозольного переносу нуклідів на початковому етапі властиве неглибоке проникнення при осіданні на поверхню рослин і ґрунтів. Це визначає їх нестійкий стан і можливість вторинної міграції під дією вітро-пилових або водоповверхневих потоків.

На основі вивчення динаміки міграції нуклідів в реальних умовах, аналізу масоенергообміну ТГС "АЕС - ГС" і літературних даних [15, 20, 27, 30, 31-33] в межах геохімічного поля АЕО можливо виділити зони, що істотно відрізняються за своїми еколого-геологічними параметрами: високого рівня техногенних змін; перехідну або сталого зменшення і зовнішню, з незначними перевищеннями природного радіаційного фону.

Перша - зона високого рівня геохімічних змін має незначні розміри і відрізняється уповільненим екстремно нерівномірним зменшенням техногенного накопичення радіонуклідів при віддаленні від АЕО, що імовірно за все обумовлене деяким надлишком їх надходження над міграційно-розподільною здатністю геологічного середовища. Контури цієї зони корелюються в загальному з контурами санітарно-захисної зони АЕО.

Характерною особливістю другої, перехідної зони є стає зниження вмісту техногенних радіонуклідів, а також деяке зменшення просторово-часової мінливості (несталості) поля їх розподілу; радіус її може складати 15 - 30 км, досягаючи максимальних значень у напрямку переважаючих вітрів або активного поверхневого стоку (зносу).

Зовнішня, третя зона має найбільшу площу при радіусі до 80 - 100 км і відзначається незначним внеском у підвищення природного радіаційного фону. Головною її особливістю є просторово-часова несталість, тобто несучільний характер формування і значні варіації у часі. Пов'язано це головним чином із значною перевагою при-

родних потоків маси та енергії в гідрогеохімічних міграційних процесах атмосфери, гідросфери, літосфери.

Накопичені дані про динаміку формування і розвиток радіогідрогеологічних зон АЕО дозволяють зробити висновок про рухливість їх меж, складний комплекс внутрішньозонних процесів, обумовлених взаємодією технологічного режиму виділення нуклідів АЕО у навколишнє природне середовище з метеорологічними, гідрогеологічними і геоміграційними факторами. Цілком певне значення для оцінки еколого-гідрогеологічного впливу АЕС має їх водо-теплова система "басейн - охолоджувач АЕС - місцеві гідродинамічні потоки". Пов'язане це з тим, що приблизно третина енергії, що вироблюється АЕС, перетворюється в електричну, а решта відводиться у вигляді тепла крізь систему геофільтраційних потоків в місцеві водотоки та ґрунтовий горизонт. Інтенсивна просторово-часова мінливість після розподілу техногенних нуклідів АЕО викликає необхідність застосування оперативного трендового аналізу як основного методу оцінки і прогнозу гідрогеохімічних (еколого-геологічних) умов. Відсутність єдиних вимог до їх аналізу та уніфікованої методичної бази робіт утруднюють інтерпретацію результатів, одержаних різними організаціями.

В той же час інтенсивне зростання гідрохімічних впливів АЕО за рахунок збільшення їх комплексності та тривалості експлуатації вказує на необхідність вдосконалення методики та мережі контролю навколишнього середовища. Для визначення оптимальної кількості проб N рекомендується використовувати емпіричну залежність, одержану автором під час аналізу техногенних полів і трендів розподілу нуклідів, що формуються в різних середовищах:

$$N = R T_{pik} \frac{\lg (C_{max} / C_{min})}{\alpha}, \quad (35)$$

де R - кількість районів, що виділяються по умовам геоміграції на площах розвитку ґрунтів, донних відкладів; T_{pik} - кількість періодів у річному циклі, що характеризуються значною мінливістю міграції нуклідів, в загальному випадку T_{pik} дорівнює 2 (повінь - межень) або 4 (сезони року); $(\lg C_{max} / C_{min}) / \alpha$ - комплексний коефіцієнт, що враховує мінливість розподілу нуклідів (C_{max} / C_{min}) і детальність його простежування, рекомендується

приймати $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3; (\lg 1,25; \lg 1,6; \lg 2)$.

Аналіз ґрунтових умов в зоні впливу АЕО на території України свідчить про формування тут до 6 - 10 районів. Отже, при $\lg C_{\max} / C_{\min} = 3$ ($C_{\max} / C_{\min} < 1000$) кількість проб в залежності від детальної оцінки поля нуклідів складатиме $120 + 1200$ зразків.

Таким чином, контроль гідрогеохімічної міграції нуклідів в геологічному середовищі тісно змикається з технологічним контролем матеріалів і надходженням водо-теплових потоків АЕО, тобто їх водо-технологічних систем. У зв'язку з цим видається доцільним результати спостережень за міграцією нуклідів накопичувати і обробляти в єдиному банку даних з використанням досконалого комплексу програм статистичного і трендового аналізу.

6.2. Вивчення факторів міграції радіонуклідів

Радіоекологічний моніторинг в зоні впливу Чорнобильської АЕС, створений підрозділами Держкомгідромету, Держкомгеології, Національної АНУ та інших організацій до 1987 - 1988 рр. дозволив встановити основні границі забруднених територій і розподіл радіонуклідів у навколишньому середовищі (атмосфері, біосфері, літосфері та гідросфері).

Радіоекологічний моніторинг показав, що основним "депо" для довгоіснуючих радіонуклідів є верхня зона геологічного середовища, включаючи донні відклади водосховищ Дніпровського каскаду. За оцінками на території України відбулося осадження біля 25 - 30% глобального викиду цезію-137 та інших радіонуклідів, при цьому щільність цезієвого забруднення досягла екологічно значущого рівня $18,5 \text{ ГБк/км}^2$ на площі більш ніж 120 тис. км^2 [38].

В розрахункових схемах довгострокових прогнозів рівнів забруднення верхньої зони ґрунтів різних авторів (Ю.А.Ізраель, Н.С.Расмусен, В.Т.Дубинчук та ін.) враховуються параметри розпаду радіонуклідів, їх водо-вітровий винос та інтенсивність проникнення в найбільш глибокі горизонти [рівняння (22), розділ 5.1].

Аналіз рівняння (22) свідчить про те, що радіогеохімічне забруднення геологічного середовища в умовах техногенної біо-(атмо-) геоміграції формується під комплексним впливом природного розпаду радіонуклідів та їх зовнішнього надходження. Так, наприклад, з використанням радіонуклідно забруднених органічних добрив

місцевого походження (західні регіони Полісся) пов'язане стале надходження у верхню зону ґрунтів РН, що змінює динаміку формування їх балансу. У цих умовах період та коефіцієнт умовного подвоювання РН (T' , λ_0' , відповідно) можуть бути оцінені в залежності від

$$T' = \frac{C_0}{2 [C_d] Q_d}, \quad (36)$$

$$\lambda_0' = \ln 2 / T', \quad (37)$$

де C_0 - рівень фонового забруднення орного шару, Кі/км^2 ; C_d - забруднення місцевих органічних добрив радіонуклідами, Кі/кг ; Q_d - кількість середньорічного використання місцевих органічних добрив, $\text{кг/км}^2 \cdot \text{рік}$.

При підстановці виразів (36) і (37) в (22) динаміка забруднення ґрунтів може бути оцінена згідно з залежністю

$$C_t = C_0 e^{-(\lambda_0 - \lambda')t} \cdot 0.5 \left[e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} \right], \quad (38)$$

при $\lambda_0 < \lambda'$ має місце стале зростання забруднення ґрунтів (орного шару).

Регіональні спостереження свідчать, що постійне переміщення орного шару та його роздрібнення формують підвищену сорбційну здатність ґрунту і практично припиняють радіальну та латеральну міграцію РН. У цьому випадку балансове рівняння (38) може мати такий вигляд:

$$C_t = C_0 e^{-(\lambda_0 - \lambda')t}. \quad (39)$$

Оскільки біогенна міграція РН в оранці (винос з сільгосп-продуктами) в 30 - 50 років повільніше сумарного впливу природного розпаду та гідрогеоміграції, для умов регіонального багаторічного (t років) використання забруднених добрив оцінка радіонуклідного балансу може бути виконана за спрощеною залежністю

$$C_t = [C_0 (1 + \alpha t)] e^{-\lambda_0 t}, \quad (40)$$

де α - відносне щорічне надходження РН, $\alpha = [C_d] Q_d / C_0 > 0,02$.

Наведені розрахунки характеризують вплив біогеоміграції цезія-137 в умовах агропромислової агломерації. Із рівняння (40) витікає, що довгострокове використання місцевих органічних добрив, які формуються на основі трав із забруднених пасовищ, може призвести до збереження забруднення оранки радіоцезієм з ризиком зростання рівня забруднення у приватному секторі. Ускладненню ґрунтово-екологічної обстановки може сприяти підвищена біогеохімічна рухливість радіонуклідів (особливо радіоцезія), що надходять з місцевою органікою переважно у розчинній формі.

Досвід вивчення радіоекологічних параметрів геоекотологічного середовища в зоні впливу ЧАЕС показав, що регіональний масштаб її впливу різко змінив формування атмогеохімічних умов промислово-міських агломерацій. Рівень забруднення радіонуклідами залежить від їх початкової концентрації C_0 , швидкості природного розпаду і атмогеохімічного привносу в результаті вітропилового підйому [38]. Бар'єрний ефект міської забудови, що має підвищену шорсткість поверхні (в 20 - 100 разів більше, ніж рельєф) при регіональному радіогеохімічному забрудненні території обумовлює прямий вплив коефіцієнту вітропилового підйому радіонуклідів $f_{pn} \approx (10^{-1} - 10^{-3})\% \approx (10^{-3} - 10^{-5})$ на додаткове забруднення зон промислово-міських агломерацій.

Дані досліджень, проведених в різних регіонах, доводять, що вітрова міграція досягає значущих величин при швидкості вітру 4 м/с і вище, що забезпечує приземний (до 2 м) перенос часток пилу і снігу з діаметром 0,05 - 0,07 мм і більше, високий підйом дрібних фракцій. Для оцінки радіусу бар'єрного впливу з урахуванням середньої висоти та площі забудови нами були використані авторські модифікації розрахункових схем, наведених в роботах Б.Ф.Козлова для розрахунків дальності розподілу повітряних викидів [24, 41, 47, 49, 60-63, мал. 6, 71].

При зміні площі S основної частини промислово-міських агломерацій від 10^2 до 10^3 км² радіус їх бар'єрного впливу з урахуванням геоморфологічних умов може складати 20 - 100 км, формуючи площу вітропилового надходження радіонуклідів $F = 10^3 - 3 \cdot 10^4$ км².

У цьому випадку додаткове надходження радіонуклідів ΔR по відношенню до їх початкових запасів в верхній зоні ґрунтів для великої промислово-міської агломерації складатиме:

$$\Delta R = \frac{F f_{pn} R_{op}}{S} \quad (41)$$

Із виконаних авторських розрахунків видно, що вітропиловий перенос радіонуклідів у певних ґрунтово-ландшафтних умовах, які характеризуються переважанням пилових фракцій, може помітно вплинути на додаткове забруднення в зоні впливу ЧАЕС. При цьому найбільш ймовірне стало вітро-пилове накопичення довгоживучих радіонуклідів: плутонія-239, 240 (період напіврозпаду біля 26 тис. років, середньорічне зменшення біля $2 \cdot 10^{-3}\%$ або $2 \cdot 10^{-5}$ від початкової концентрації). Досвід багаторічного вивчення динаміки запасу радіонуклідів в зонах радіоактивних слідів показав, що їх вітрова міграція в загальному незначна і переважно пов'язана із сільськогосподарською діяльністю.

6.3. Оцінка захисної здатності ґрунтів в районах радіогеохімічного впливу АЕС

Обмежений розвиток водоймищ в зоні можливого впливу АЕС визначає перевагу літосферної міграції радіонуклідів і її зв'язок з параметрами масоенергообміну атмосфери і ґрунтів. Для неї характерне переважне накопичення радіонуклідів у верхньому шарі ґрунту (2 - 5 см), що грає бар'єрну роль внаслідок максимальної сорбційної здатності гумусованих ґрунтів (0,1 - 0,5 м) та різкого зниження в них масоенергообміну і параметрів міграції.

Ступінь можливого радіонуклідного насичення ґрунту, що визначає його захисну здатність для ґрунтових вод, залежить в основному від типу літологічного складу порід зони аерації. Сорбційну здатність ґрунту прийнято характеризувати коефіцієнтом розподілу K_p , який дорівнює відношенню між концентрацією радіонуклідів $X_{ск}$ в мінеральному скелеті ґрунту та рівноважним станом його X_b у водяному розчині m_b , що знаходиться в контакті з донним зразком породи:

$$K_p = X_{ск} / m_{ск} : X_b / m_b \quad (42)$$

Як видно з мал. 8 сорбційна здатність пухких ґрунтів значно підвищується із збільшенням в них дрібнозернистих і особливо глинистих фракцій, а також із зменшенням розміру мінеральних частинок.

Експериментальні оцінки K_p , що збігаються з результатами багатьох досліджень, свідчать про те, що здатність порід сорбувати Sr-90 значно нижче, ніж Cs-137. Таким чином, при оцінці захищеності ґрунтових вод і прогнозі їх санітарного стану слід розглядати Sr-90 одним з довгоживучих радіонуклідів з підвищеною міграційною здатністю в ґрунтах, а також в підземних водах.

Згідно з загальноприйнятою розрахунковою схемою час t_{aep} проходження розчиненими у воді нуклідами товщі ґрунтів зони аерації потужністю M_{aep} з вичерпанням їх сорбційної ємності і наступним досягненням рівня ґрунтових вод можна визначити із відомого співвідношення [27]:

$$t_{aep} = \frac{M_{aep} \delta K_p}{W \alpha / \mu} \quad (43)$$

де δ - об'ємна маса мінерального скелету ґрунту, кг/м^3 ; W - середньорічна кількість опадів, що дорівнює в середньому 0,4 - 0,6 м/рік; α - інфільтрація опадів, що дорівнює 0,1 - 0,3; μ - активна пористість ґрунту.

Прийнявши максимальне значення $K_p = 10 \div 40$ для Sr-90 і середнє значення $M_{aep} = 5 - 10 \text{ м}$, $\delta = 1300 \text{ кг/м}^3$, $W \alpha = 100 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{рік}$ (0,1 м/рік), $\mu = 0,1$, знаходимо

$$t_{aep} = \frac{(5 \div 10) 13000 (10 \div 40) \cdot 0,1}{100} = 65 \div 520 \text{ років} \quad (44)$$

Ця величина часу проходження межі сорбційного насичення від денної поверхні до рівня ґрунтових вод значно (в $10 - 10^3$ разів) перевищує період напіврозпаду більшості довгоживучих радіонуклідів (Sr-90, Cs-137, Cs-134, Zn-95, Nb-95, Cs-144, Ru-106).

Другим захисним фактором для ґрунтових вод є розбавлююча дія на мікрокількості радіонуклідів у випадку досягнення ними зони насиченої фільтрації. Для можливої міграції радіонуклідів у пото-

ці ґрунтового горизонту, що має відносно стабільний шар запасів вод потужністю H , яка в багато разів перевищує щорічний природний приріст ΔH в результаті інфільтраційного живлення, розведення радіонуклідів в момент досягнення ними ґрунтового горизонту:

$$D = H / \Delta H . \quad (45)$$

Зменшення початкової концентрації радіонукліду в D разів під впливом його розчину при досягненні рівня ґрунтових вод еквівалентне розпаду з тим самим зменшенням концентрації за час, який можливо оцінити по співвідношенню [27]:

$$t_0 = 3,3 T \lg H / \Delta H = 3,3 T \lg D . \quad (46)$$

Для практичної оцінки захищеності ґрунтових вод в районах розміщення АЕС доцільно використовувати коефіцієнт сумарної захищеності $K_{\text{зах}}$, що враховує зменшення початкової концентрації довгоіснуючих радіонуклідів завдяки сорбції в ґрунтах зони аерації ($t_{\text{аер}}$) і розчинну дію ґрунтових вод (t_0)

$$K_{\text{зах}} = 2^{(t_{\text{аер}} + t_0) / T} . \quad (47)$$

З наведених даних та виконаних на основі їх розрахунків виходить, що природна захищеність горизонту від радіогеохімічного впливу АЕС значна ($K_{\text{зах}} \approx n \cdot 10^3$). Це свідчить про підвищену стійкість ґрунтових (особливо артезіанських) вод як джерел господарсько-питного водопостачання.

6.4. Дослідження радіохімічного впливу повітряних викидів АЕС на геологічне середовище

До комплексу факторів впливу АЕС на навколишнє природне середовище входять їх газоподібні викиди та аерозолі, які після проходження системи очищення видаляються в навколишнє середовище, обумовлюючи часткову екологічну відкритість енергетичних систем станцій.

Виходячи з рекомендацій МАГАТЕ, при організації мережі спос-

тережень, крім методичних принципів площинних геохімічних робіт для оцінки і прогнозу накопичення у ґрунтах повітряних викидів радіонуклідів АЕС враховувалися наступні фактори: кількість блоків, що діють, будуються і проєктуються, висота вентиляційної труби, утворення меж зони сталого накопичення радіонуклідів на відстані від 3 - 6 до 80 - 100 і більше км, сезонні та багаторічні параметри гідрометеорологічних умов (повторюваність, сила вітру та ін.).

Оскільки АЕС експлуатуються багато років (до 30 - 90), а розпад техногенних радіонуклідів триває дуже довго, роботи по оцінці та прогнозу їх накопичення в верхній зоні літосфери мають характер радіохімічного моніторингу геологічного середовища (РХМ ГС). Результати першого етапу РХМ ГС на території України показали, що в межах зони впливу повітряних викидів АЕС формується атмогеохімічна система "АЕС - ґрунт" (АГС "АЕС - ГС"), що характеризується закономірним зменшенням концентрації нуклідів у ґрунтах у напрямку віддалення від станції з близьким до їх навколишнього розподілом на прилеглої території [25, 38]. У зв'язку з цим для побудови достовірної схеми АГС "АЕС - ГС" становить практичний інтерес спільний аналіз рівнянь, що описують зв'язок повітряного переносу і наземного накопичення станційних радіонуклідів.

Сучасна модель струменю повітряних викидів АЕС, розроблена у ряді досліджень, має вигляд конусу з нормальним (гаусовим) розподілом концентрацій у напрямку, перпендикулярно його руху. В даних умовах середня приземна концентрація радіонуклідів в повітряному струмені $C_{атм}$ (Бк/м³) неперервного джерела, що підняте на висоту H вентиляційної труби АЕС, складає:

$$C_{атм} = \frac{Q_R}{H \cdot b_y \cdot b_z \cdot V_{ор}} \cdot e^{[-(y^2/2b_y^2 + H^2/2b_z^2)]} \quad (48)$$

де Q_R - потужність викиду радіонукліда, Бк/с; b_x , b_y , b_z - коефіцієнт дисперсії гаусового розподілу у перпендикулярних до вітру (струменю) напрямках; (b_x , b_y - горизонтальному, b_z - вертикальному), м; $V_{ор}$ - середня швидкість вітру, м/с.

З метою спрощення наведених складних теоретичних залежностей автором запропоновано метод розрахунку середньорічних приземних концентрацій радіонуклідів в газоповітряному струмені АЕС шляхом

введення у рівняння Паскуїла узагальнених параметрів огинаючої кривої максимумів графіків для різних категорій сталості погоди А - Г (мал. 7). В результаті для будь-якої відстані r встановлюється важлива закономірність сталого зменшення концентрації радіоактивних домішок у струмені повітряних викидів АЕС, до 60 - 70 разів при відстані від 3 до 100 км. Одночасно із наведених оцінок просторово-часових змін концентрацій радіонуклідів в багаторічних повітряних викидах АЕС витікає, що їх перерозподіл і випадання в АГС "АЕС - ГГ" в початковий момент має осередковий характер, а потім формує близьке до плоскорадіального радіогеохімічне поле АЕС [25].

Під радіогеохімічним полем (РГП) АЕС слід розуміти прилеглу до неї зону впливу, кожна точка території якої характеризується певним вмістом в ґрунтах радіонуклідів $C_{пг}$ як функції координат x , y та часу t :

$$C_{пг} = f(x, y, t) . \quad (49)$$

Проведений у даній роботі аналіз параметрів багаторічних РГП багатьох АЕС на території України показав, що зміна концентрацій техногенних радіонуклідів і стабільних елементів в їх межах підлягають на поточний період лінійному тренду вигляду:

$$\ln C_{пг,г} = \ln C_0 - k \ln r / r_0 . \quad (50)$$

де $C_{пг,г}$ - осереднена концентрація техногенного радіонукліду у ґрунтах на відстані r від АЕС, Kl/cm^2 ; C_0 - максимальна концентрація техногенного радіонукліду на відстані r_0 від АЕС, за даними довгострокових радіогеохімічних спостережень (не менше 1 року), $r_0 = 1,5 \div 4$ км.

Загальний вигляд білогарифмічного графіка рівняння наведений на мал. 8, з якого видно, що кутовий коефіцієнт K прямої виду $C_{пг,г} = f(r)$ у фізичному плані відображає радіогеохімічний градієнт АЕС, що характеризує зменшення концентрації нуклідів із відстанню. Результати аналізу параметрів РГП діючих АЕС показують, що переважають значення $K = 13 \div 21$, збільшуючись у районах із зниженими середньорічними швидкостями вітру.

Важливою особливістю РГП АЕС, як показали проведені дослідження, є більш високий ступінь мінливості радіонуклідів у

грунтах у порівнянні з приземним шаром атмосфери. Для інтервалу відстаней 3 - 100 км вона змінюється в $10^3 + 10^4$ разів, тобто в 15 - 100 разів перевищує аналогічні параметри для атмосфери (мал. 7).

Наведені результати дозволяють зробити висновок про вирішальну роль впливу гравітаційного осідання з швидкістю V_{oc} аерозолів техногенних радіонуклідів, що виходять в атмосферу із активної зони реактору з концентрацією $C_{атм}$, на зростання їх концентрації у грунтах $C_{гр}$. В цьому випадку надходження нуклідів із приземного шару атмосфери на поверхню ґрунтів може бути розраховане за рівнянням:

$$dC_{гр,г} = C_{атм,г} V_{oc} dt, \text{ Бк/м}^2. \quad (51)$$

Значні строки експлуатації АЕС та процесів формування РГП, що взаємозв'язані з нею, описані рівнянням (50) і вимагають врахування в його структурі тривалості життя радіонуклідів. Для цього при прогнозній оцінці концентрації радіонуклідів в грунтах протягом періоду часу t необхідно введення поправки на їх розпад від початку осідання, у зв'язку з чим рівняння (50) прийме остаточний вигляд:

$$C_{гр,г} = \int_0^t C_{атм,г} \cdot e^{-\lambda t} V_{oc} dt, \quad (52)$$

де T - період напіврозпаду радіонукліду.

Після розв'язання рівняння (52) буде мати вигляд:

$$C_{гр,г} = 1.43 C_{атм,г} T V_{oc} (1 - e^{-\lambda t}), \quad (53)$$

при цьому $C_{гр,г}$ - накопичена грунтами на відстані $г$ від АЕС за час t концентрація радіонуклідів, Бк/м².

Виходячи з наведених розрахунків можливо зробити висновок, що при $t / T > 3$ розрахункове значення концентрації техногенних радіонуклідів на поверхні ґрунтів практично стабілізується і пов'язане з їх початковою концентрацією накопичення внаслідок осадження із повітряного струменя відношенням [25]:

В цілому виконані дослідження показують, що подальший розвиток ядерної енергетики та зростання вимог до охорони навколишнього природного середовища обумовлюють необхідність розвитку методів оцінки впливу повітряних викидів АЕС, рельєфу місцевості, вітропилового підйому та ін.

7. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА БЕЗПЕЧНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ АЕС

7.1. Вивчення безпеки АЕС з урахуванням сейсмічних та інженерно-геологічних факторів

Будівництво АЕС на території України, що характеризується повсюдним розвитком малоущільнених порід осадового комплексу (піщано-суглинисті, лесовидні та ін.), активною сейсмічністю та неотектонікою, поставило вимоги до вироблення нових підходів оцінки складу і кількісних критеріїв безпеки з урахуванням як технологічних, так і геологічних факторів. При цьому мається на увазі оцінка ризику, в основному, глобальної аварії з зруйнуванням активної зони і тяжкими наслідками для навколишнього середовища.

У численних працях критерієм достатньої безпеки АЕС за технологічними факторами звичайно приймається інтервал $10^{-5} + 10^{-7}$ ймовірності аварій на 1 реакторорік із зруйнуванням активної зони. Аварійний вплив землетрусів згідно з СПАЕС-79 характеризується наступною ймовірністю: максимальний розрахунковий землетрус - один на 10 тис. років, тобто 10^{-4} рік^{-1} , і проектний - один на 100 років, 10^{-2} рік^{-1} . Землетрус як фізичний процес у загальному випадку прийнято розглядати у вигляді двох моделей: динамічної та ймовірностної (стохастичної).

Вивчення динаміки розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів (діапіризм, карст та ін.), що мають найбільший прояв в сейсмоактивних регіонах України і здатні безпосередньо впливати на відповідальні споруди станцій, дозволяє отримати наступні значення ризику аварійних ситуацій. Середня частота прояву новоутворених карстових деформацій денної поверхні (за даними повторних

аерозйомок) від 25 до 35 років, імовірність виходу діалірів на денну поверхню за даними НАН України та АН Азербайджану 20-50 років: $p_1 = 0,05 \pm 0,02$. За виконаними оцінками імовірність забудови зони, що діаліроздатна або карстується, в межах проммайданчика АЕС у сейсмоактивних регіонах може досягати в середньому $p_2 = 0,02$ (2%). Наведені розрахунки свідчать про велику вірогідність прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів протягом періоду експлуатації АЕС та доцільність їх врахування серед факторів імовірностного аналізу безпеки, особливо в сейсмоактивних районах півдня і сходу країни (мал.9, 10).

Якщо врахувати, що активізація діаліру або карсту під час їх забудови взаємозалежні, то можливо визначити вірогідність даної події в межах проммайданчика: $p = p_1 \cdot p_2 = (5 \pm 2) \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \approx 10^{-3}$ подія/рік. Це значення, як показує наведений розрахунок, приблизно в 10 разів перевищує ризик максимального землетрусу (одна подія на 10 тис. років). При цьому не враховується можливість посилення діаліризму або карсту під впливом нагрівання, підтоплення або послаблення міцності масиву порід, який лежить в основі об'єктів проммайданчику АЕС, що досягає по різних оцінках 2 - 5 разів [3, 11, 16]. Таким чином, слід відзначити відносно великий внесок в імовірностний аналіз безпеки поряд з технологічними також інженерно-геологічними факторів. Це пов'язано з регіональним характером їх прояву в природних умовах та можливістю значної активізації під впливом факторів АЕС.

Звертає на себе увагу наступне співвідношення інженерно-геологічного ризику, визначеного на основі динаміки екзогенних геологічних процесів для півдня України: у порівнянні з розрахунковими технологічними і сейсмічними ризик порушення геологічного середовища внаслідок прояву сейсмічності та екзогенних геологічних процесів може значно (до 10 і більше разів) перевищити технологічний ризик АЕС і характеризуватися одночасно великою стохастичністю проявів.

Одночасно з інформації, наведеної на мал.10, виходить, що результати оцінки ризику однієї і тієї ж події геологічного характеру (сейсмічна подія, прояв екзогенних геологічних процесів) можуть мати істотну мінливість в залежності від об'ємів вихідного фондового матеріалу та методики його обробки. При цьому послідовності аварійних подій в ГТС "АЕС - ГС" можуть відрізнятися і з урахуванням їх динаміки: від повільного розвитку сталих деформа-

цій у покрівлі діапирових або карстових утворень до їх прискорених (аварійних) деформацій, що призводять до зруйнування відповідальних споруд АЕС. Останнє доцільно враховувати при техногенному зниженні стійкості ґрунтів, що лежать в основі АЕС.

Таким чином, запропонована автором методика залучення до імовірнісного аналізу безпеки сейсмічних та інженерно-геологічних (інженерно-сейсмологічних) факторів ризику дозволяє виконати, на наш погляд, випереджувачий аналіз оцінки поведінки відповідальних об'єктів станції та підвищити безпеку їх роботи:

- шляхом вияву найбільш несталіх елементів гео-технічної системи "АЕС - ГС", що формують головний внесок в загальний ризик АЕС;

- за допомогою побудови достовірних послідовностей взаємодії технологічних та зовнішніх процесів (наприклад, вплив втрати води на зростання навантажень на фундамент об'єкту або послаблення міцності порід та ін.);

- шляхом виключення помилок на стадії розвідки або проектування, уникнення областей природного або техногенного розвитку небезпечних геологічних процесів (діапіризму, карсту, просядок та ін).

7.2. Аналіз теплового режиму геологічного середовища в районах розміщення атомно-енергетичних об'єктів

Атомні електростанції (АЕС), теплоелектроцентралі (АТЕЦ) та станції тепlopостачання (АСТ) відрізняються комплексним впливом на параметри навколишнього середовища. Скидне тепло, що складає до 70% енерговиділення, - один із головних факторів впливу АЕО на геологічне середовище. В роботі розглядається узагальнений гідротермальний вплив тільки головних водо-теплових об'єктів АЕО, до яких входять промайданчик, де знаходяться реакторні блоки, охолоджуючий басейн (градирні) та прилегла зона конвективного переносу тепла, що часто корелює з площею техногенного підняття рівня ґрунтових вод [17, 28]. Гідротермальні спостереження провадились по мережі свердловин, зґрунтованих у профілі, орієнтовані поперек і в напрямку ґрунтового потоку. Довжина кожного профілю (створу) досягала 1 км з розміщенням у ньому 6 - 8 свердловин на відстані 25 - 200 м (мал.12).

Аналіз умов теплопереносу в системі, що розглядається, пока-

зав, що його активному розвитку в процесі будівництва та експлуатації сприяють такі інженерно-гідрогеологічні фактори:

- 1) значна заглибленість тепловиділяючих об'єктів;
- 2) техногенне посилення інфільтраційного живлення ґрунтових вод при перевазі над їх бічним відтоком, що супроводжується підвищенням РГВ і збільшенням швидкості фільтрації;
- 3) посилене водоспоживання у порівнянні з іншими енергооб'єктами ($2 \text{ м}^3/\text{с}$ проти $1,1 \text{ м}^3/\text{с}$ на ТЕЦ).

Розробка кількісних методів прогнозу тепло-водопереносу в ТГС "АЕО - геологічне середовище" має великий практичний інтерес у зв'язку з необхідністю вибору оптимальних варіантів розміщення АЕО. Тепловиділення АЕС потужністю 4000 МВт в санітарно-захисній зоні площею до 30 км^2 в 1,5 - 2 рази перевищує параметри теплопереносу навколишнього середовища (середньобагаторічні балансові атмосферні тепловиділення у природному режимі складають $8 \cdot 10^6 \text{ кДж/м}^2$), що свідчить про значні техногенні зміни природних полів температур в верхній зоні системи "АЕО - геологічне середовище". Для повноти оцінки геолого-екологічного впливу тепловиділень АЕО і вияву їх взаємозв'язку із змінами геологічного середовища порівняємо природний атмосферний $W_{\text{атм}}$ та глибинний $W_{\text{г}}$ теплоперенос для зони Середньо-Російської височини:

$$W_{\text{атм}} / W_{\text{г}} \approx 8 \cdot 10^6 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{рік} : 1,6 \cdot 10^3 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{рік} \approx 5000. \quad (55)$$

Результати цих розрахунків показують, що переважаюче надходження техногенного тепла АЕО в систему "ґрунтові води - мінеральний скелет" може стати причиною істотної зміни температурного режиму геологічного середовища та відчутно вплинути на стан ґрунтів, що лежать в основі несучих конструкцій [17].

Комплекс виконаних досліджень дозволив встановити наступні закономірності взаємозв'язку техногенного теплового поля ТГС "АЕО - геологічне середовище".

1. Найбільші значення температури ґрунтових вод фіксуються в зоні охолоджувального басейну та проммайданчику.

2. Прогрівання ґрунтових вод в зоні їх транзитного руху відносно рівномірне.

3. Поле сталого підвищення температури ґрунтових вод у напрямку від зовнішнього контуру проммайданчика до зони природного руху ґрунтового потоку (область конвективного переносу тепла)

близьке до плоскорадіального.

4. Відзначається тісний зв'язок режиму розвитку теплового поля з геофільтраційними параметрами підстилаючих порід, що виявляється за схожим характером зміни градієнтів рівнів і температур.

5. Підвищення температури ґрунтових вод близьке до квазістаціонарного (у часі), що свідчить про сталий характер водотеплопереносу та супроводжуваних змін температурного режиму верхньої зони літосфери.

На графіку залежності $t^{\circ}C = f \lg r$ (мал.12) можливо виділити три ділянки з різними умовами теплопереносу:

I - внутрішня, практично обмежена розмірами тепловиділяючих об'єктів, що характеризується інтенсивним надходженням теплих техногенних вод з одночасним підняттям рівня та прискореним охолодженням ґрунтових вод, що залягають в зоні сезонних коливань температур - зона максимального гідрогеотермального градієнту;

II - центральна, плоскорадіального пластового "поршневого" руху розігрітих ґрунтових вод, що охоплює основну частину теплового поля системи "АЕО - геологічне середовище";

III - зовнішня, несталої поведінки теплового поля, відрізняється мінімістю температур ґрунтових вод в межах близьких до фонових.

Одержані на основі залежності (55) оцінки свідчать про те, що в I зоні техногенне надходження тепла в 5 - 10 разів перевищує природне, а в II зоні складає 50 -10% від нього.

Наведені результати натурних досліджень водотеплопереносу в зоні впливу АЕО мають попередній характер, але спираючись на них, можна сказати наступне:

1. Встановлено зв'язок параметрів теплопереносу з параметрами геофільтрації та режиму ґрунтових вод.

2. Виявлена зональна структура температурного поля системи "АЕО - геологічне середовище" в межах потоку ґрунтових вод.

3. Запропонована методика розрахунків та порівняння параметрів природного і техногенного теплопереносу і тепловмісту в системі "АЕО - геологічне середовище", застосування якої дало можливість визначити головний вплив АЕО на порушення температурної рівноваги в геологічному середовищі.

4. Показана принципова можливість формування термогеомеханічних напруг в лінійних спорудах промйайданчиків АЕО, що знаходяться в техногенних теплових полях з нерівномірним розподілом

температур.

ВИСНОВКИ

1. В результаті досліджень, здійснених автором, виконані аналіз та теоретичне узагальнення регіональних закономірностей формування геологічного середовища України в умовах техногенезу, запропоновані концепція та структура еколого-геологічних робіт, а також теоретичне обґрунтування та методика оцінки екологічного ризику геологічного середовища.

2. В роботі одержали вдосконалення наукові основи методики та технології проведення на території України еколого-геологічних робіт регіонального, обласного та локального рівня, а також обґрунтовані принципи раціонального комплексування еколого-геологічних карт різних масштабів.

3. Розроблені методика і принципи обґрунтування параметрів техногенно-геологічних систем (ТГС) "техногенний об'єкт - геологічне середовище" як головного фактору розвитку геологічного середовища (ГС) в умовах техногенезу.

4. Розроблена нова методика регіональної оцінки взаємодії ГС та біосфери, включаючи оцінки зв'язку екологічних показників і техногенного навантаження на верхню зону літосфери.

5. Вперше обґрунтована модель комплексної оцінки екологічного ризику ГС в умовах його техногенного розвитку, що враховує складний характер взаємодії геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та сейсмо-геофізичних факторів, запропоновані розрахункові схеми для різних ТГС, розкрито головне значення ландшафтно-геохімічних умов у формуванні екологічних параметрів ГС.

6. Розроблені принципово нові розрахункові схеми для вирішення нетрадиційних задач оцінки екологічних параметрів складних ТГС для АЕС, промиськагломерацій (ПМА), зон радіогеохімічного забруднення ЧАЕС.

7. Використання запропонованих нових методичних підходів, розрахункових моделей та схем дозволило вперше розпочати системно-методичну та технологічну організацію еколого-геологічних робіт як установами Держкомгеології України, так і науковими та виробничими підрозділами геологічних і природоохоронних служб СНД, Словачії, Польщі, Угорщини.

8. Одержані результати теоретичних, виробничо-методичних та технологічних розробок дозволяють обґрунтувати нові напрямки в теорії формування ГС, оцінці його захисної здатності, гранично-допустимих еколого-геологічних навантажень та змін при господарському освоєнні верхніх та глибоких шарів (розташування та поховання високотоксичних та радіоактивних відходів, рекультивация зон гірничих робіт та ін.).

9. Взагалі від впровадження розроблених методів і технологічних прийомів в 1992 - 1994 роках одержаний умовний економічний ефект 2,5 млрд.крб. (на підприємствах Держкомгеології України, Роскомнадра та ін.).

ОСНОВНІ ДРУКОВАНІ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Исследования гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод в Павлоградско-Петропавловском районе Западного Донбасса. ("Будивельник", Киев, 1976, с. 79-82).
2. Расчет объема депрессии подземных вод в радиальном потоке. (Экспресс-Информация ВИМС Мингео СССР, N 1, 1977, с. 1-7).
3. Изменение гидрогеологических условий при разработке месторождений твердых полезных ископаемых и мероприятия по охране водных ресурсов. (АН СССР, "Водные ресурсы", №6, 1977, с. 73-75).
4. Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности. ("Недра", 1978, с. 211-217).
5. Методика прогнозирования водопритоков в шахты. ("Разведка и охрана недр", N 4, 1979, с. 44-49).
6. Влияние крупного водоотбора на окружающую среду. ("Разведка и охрана недр", N 10, 1979, с. 44-49, соавтор Н.М. Заезжев).
7. Анализ взаимосвязи фильтрационных параметров и энергетических затрат при подземном захоронении сточных вод в глубокие водоносные горизонты. ("Геологический журнал", N 4, 1980, с. 42-48, соавтор Н.П. Сторчак).
8. Методика расчета гидрогеологических параметров при оценке возможностей захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты. ("Геологический журнал", N 5, 1980, с. 124-128, соавтор Н.П. Сторчак).
9. Временные методические рекомендации по расчетам полигонов захоронения промышленных сточных вод на основе взаимосвязи фильтрационных и энергетических параметров глубоких водонос-

- ных горизонтов. (Киев-Днепропетровск, 1981, 58 с., соавторы Н. П. Сторчак, В. В. Кухар).
10. Контроль за охраной подземных вод от загрязнения пестицидами. ("Разведка и охрана недр", № 10, 1983, с. 40-42, соавторы Э. А. Рыбачковский, Е. И. Спыну, Е. Г. Моложанова).
 11. Применение принципов геоэнергетики при прогнозе региональных изменений гидро- и инженерно-геологических задач. ("Геологический журнал", № 1, 1985, с. 69-74, соавторы Д. Р. Литвак, В. В. Кухар).
 12. Актуальные аспекты рационального использования и охраны подземных вод УССР. (Выпуск "Знание", Киев, 1985, 16 с., соавтор Н. И. Дробноход).
 13. Анализ современных изменений геологической среды как основы их долговременных прогнозов. (Сб. тезисов докладов, Черновцы, 1985, с. 3-6).
 14. Проблемы изучения, рационального использования и охраны геологической среды Украинской ССР. ("Вестник АН УССР", № 12, 1986, с. 46-53, соавторы А. В. Чекунов, Г. В. Лисиченко).
 15. Основные направления охраны геологической среды при строительстве АЭС на территории Украины. ("Инженерная геология" АН СССР, № 3, 1986, с. 18-19).
 16. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования в связи с интенсификацией водохозяйственного строительства на Украине и охрана геологической среды. (АН УССР, препринт, Институт геологических наук, с. 37-50).
 17. Методика изучения теплового режима геологической среды в районах размещения атомно-энергетических объектов. ("Разведка и охрана недр", № 11, 1986, с. 35-39).
 18. Геолого-экологическое картирование - новый вид региональных исследований. ("Геологический журнал", 1987, том 47, № 2, с. 82-90, соавторы Д. С. Булаевский, М. Я. Бланк и др.).
 19. Справочник по водным ресурсам. Гл. 5 "Подземные воды", разделы 5.1 - 5.3. (Киев, "Урожай", 1987, с. 126-146, соавтор Э. Э. Соболевский).
 20. Итоги и задачи оценки изменений геологической среды в районах возведения атомных электростанций. ("Наука", АН СССР, 1986, с. 203-224, соавторы В. В. Графский, Г. В. Лисиченко, Э. В. Собонович).
 21. Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии

- УкраССР. ("Наука", АН СССР, 1989, с. 224-243, соавторы В. М. Шестопапов, И. П. Зелинский, Е. Ф. Шнюков).
22. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов. ("Наукова думка", 1988, 161 с., соавторы А. В. Луцкий, Г. В. Лисиченко).
 23. Методические указания по учету гидрогеологических и инженерно-геологических условий при обосновании выбора площадок строительства атомных электростанций. (Москва, Мингео СССР, ВСЕГИНГЕО, 1988, 50 с., соавторы П. В. Царев, М. С. Галицин, Л. А. Островский).
 24. Методика радио-экологического мониторинга геологической среды в районах влияния АЭС. ("Разведка и охрана недр", N 2, 1988, с. 43-50, соавтор А. И. Оставненко).
 25. Опыт оценки радиохимического влияния воздушных выбросов АЭС на геологическую среду. ("Разведка и охрана недр", N 3, 1989, с. 42-47).
 26. Геолого-экологические аспекты химизации сельского хозяйства. (Киев, 1989, АН УССР, Проблемная комиссия по мониторингу загрязнения подземных вод пестицидами, с. 5-8).
 27. Оценка защитной способности почв и грунтов в районах радиохимического влияния АЭС. ("Атомная энергия", т. 67, вып. 3, 1989, с. 207-210).
 28. Проблемы охраны геологической среды в связи с подземным захоронением отходов крупных промышленных предприятий. (Киев, ИГН АН УССР, 1988, 53 с., соавторы А. И. Фиалко, Г. Н. Негода).
 29. Проблемы рационального использования и охраны геологической среды Донбасса. (Киев, ИГН АН УССР, 1989, с. 54, соавторы Н. С. Подорванов, В. М. Шестопапов, Б. А. Корженевский и др.).
 30. Особенности геоэкологических исследований в условиях техногенного воздействия. (Москва, ВСЕГИНГЕО, 1989, доклады советских геологов на 28 Международном геологическом конгрессе в США, с. 28-36, соавтор Н. М. Гавриленко).
 31. Инженерно-сейсмологические и геолого-экологические аспекты объектов атомной энергетики на Украине. (Киев, "Знання", 1990, 35 с., соавтор М. Н. Байсарович).
 32. Оценка безопасности АЭС с учетом сейсмических и инженерно-геологических факторов. ("Атомная энергия", т. 69, вып. 2, 1990, с. 113-115).
 33. Проблемы рационального использования и охраны геологической

- среды в зонах действия мелиоративных систем Херсонской и Крымской областей. (Киев, ИГН АН УССР, препринт, 1990, 48 с., соавторы Ю.Г.Головченко, Н.С.Огняник, В.М.Шестопалов и др.).
34. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштабов 1:1000000 - 1:500000, 1:200000 - 1:100000, 1:50000 - 1:25000. (Москва, ВСЕГИНГЕО, 1990, 3 книги, 41, 86, 127 с., соавторы Г.С.Вартанян, М.С.Галицын, Л.А.Островский и др.).
35. Временные методические рекомендации по проведению геолого-радиоэкологических исследований в зоне влияния АЭС. (Киев, Укргеология, 1990, 98 с., соавторы А.И.Оставненко, В.В.Кухар и др.).
36. Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геологоразведочных работах. (Киев, Укргеология, 1990, 87 с., соавторы Д.Ф.Володин, В.И.Почтаренко, В.В.Кухар и др.).
37. Техногенная геохимия почвогрунтов - ведущий фактор геолого-экологических условий Украины. (Днепропетровск, 1991, тезисы докладов научно-технического семинара "Геолого-экологические проблемы Украины", с. 4-5).
38. Изучение факторов миграции радионуклидов. ("Разведка и охрана недр", N 11, 1991, с.16-19, соавторы А.И.Оставненко, Н.М.Бондарева).
39. Проблемы мониторинга техногенно-геологических систем. (Киев, "Знание", 1991, 28 с., соавторы Н.И.Дробноход, В.А.Сляднев).
40. Водообмен в нарушенных структурах. (Киев, "Наукова думка", 1991, с. 85-116, 126-140, соавторы В.М.Шестопалов, В.К.Янчев, Т.Н.Гавриленко).
41. Оценка роли геологической среды в формировании радио-экологической обстановки зоны влияния ЧАЭС. (Брянск, 1991, материалы Российской радиобиологической научно-практической конференции, с. 28-30).
42. Геолого-екологічні аспекти зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС. (Київ, АН УРСР, "Ойкумена", 1991, N 2, с. 49-55).
43. "Міжнародний чорнобильський проект", або так званий "Звіт МАГАТЕ". (Київ, АН України, 1992, N 2, с. 50-57, співавтор В.Г.Остапенко).
44. О структуре оценки и управления экологическим риском геологической среды Украины. ("Геологический журнал", 1992, N 3,

- с. 11-16).
45. Геология и геодинамика района Крымской АЭС. (Киев, "Наукова думка", 1992, с. 131-151).
 46. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. (Київ, 1992, с. 18-29).
 47. Экологическая геология Украины. Справочное пособие. (Киев, "Наукова думка", 1993, с. 161-167, 239-251, 332-385, соавторы Е.Ф.Шнюков, В.М.Шестопапов).
 48. Проблемные аспекты ресурсов питьевых подземных вод в условиях техногенеза. (Киев, "Знание", 1993, тезисы докладов конференции "Оценка ресурсов подземных вод в условиях техногенеза", с. 64-69, соавтор В.А.Сляднев).
 49. "Чернобыльская катастрофа: причины и последствия". (Москва - Минск - Киев, "Тест", Минск, 1993, в 4 томах; с. 10-40, т. 4; редакция т. 4).
 50. Основные методические положения эколого-геологического картирования. (Киев, "Знание", 1993, 40 с., соавтор В.И.Почтаренко).
 51. Временное методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических исследований. (Госкомгеология Украины, 1994, с. 158-197, 229-306).
 52. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. (Київ, Мінекобезпеки, 1994, с. 40-45).
 53. Екологічна геологія. На межі двох наук. ("Мінеральні ресурси України", N 1, 1994, с. 21-25).
 54. Методологія регіонального прогноза екологічного стану ґрунтових вод басейна річки Дніпр. (Киев, "Знание", 15 с., соавторы М.С.Галецький, В.П.Іванчиков, В.А.Сляднев).
 55. Регіональна оцінка техногенного впливу геологічної середовища та біосфери України. (Киев, "Знание", 1995, с. 5-7).
 56. Особливості регіональної оцінки стану геологічної середовища для розміщення високотоксичних відходів. (Киев, "Знание", 1995, с. 21-23, соавторы В.А.Сляднев, В.М.Беланов).
 57. Головні фактори впливу Чорнобильської аварії на ландшафти та геологічне середовище України. (Івано-Франківськ, "Знание", 1995, част. I, с. 152-157).
 58. Еколого-геологічні проблеми освоєння техногенних місць розташування. (Киев, "Знание", 1995, частина III, с. 36-38, соавтор В.А.Сляднев).

59. Estimations of engineering-seismic-geological safety of the NPP. (29th International Geological Congress, Kyoto, Japan, 1992, p. 221).
60. Methodology of Scientific Investigations for Radioactive Waste Disposal in Geological Formations of the Ukraine. (The 5th Annual International HLRWM Conference, 1994, Las-Vegas; D.P.Khruschov, O.M.Kharitonov, Ye.A.Yakovlev).
61. Concept and Programm. Radioactive Waste Disposal of the Ukraine. (5th Annual Int. HLRWM Conference, 1994, Las-Vegas; D.P. Khruschov, M.P.Umanets, Ye.A.Yakovlev).
62. Gasgeodynamical Method for the Assessment of Rock Massif for RAW Disposal. (The 6th Annual Int. HLRWN Conference, 1995, Las-Vegas, I.D.Bagriy, V.M.Paliy, Ye.A.Yakovlev).
63. Hydrogeological Conditions of Preselected sites for RAW Disposal in Geological Formations of Ukraine. (The 6th Annual Int. HLRWN Conference, 1995, Las-Vegas, Ye.A.Yakovlev, N.N.Makarenko, D.P.Khruscjov, M.J.Rudi).
64. The geological aspects of enviromental systems monitoring the geological medium of Ukraine. UNESCO Regional Office for Scienc and Technology for Europe, Technical Report 21, 1995, p.p. 184-191.



Мал. 1. Схеми геоструктурного районування України

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000

1-Передкарпатський і Індоло-Кубанський прогини і Закарпатська западина; 2-складчаста область Карпат і мегаантиклинорій Прського Криму; 3-Доно-Дніпровський прогин і Галицько-Волинська западина; 4-Волинсько-Подільська плита; 5-Український щит; 6-Донецька складчаста область; 7-Причорноморська западина і сумішня з нею область перикратонного опускання Російської платформи; 8-Переддовбруджинська і Альпійська западини; 9-складчаста зона Довбруджі; 10-границі геоструктурних районів.

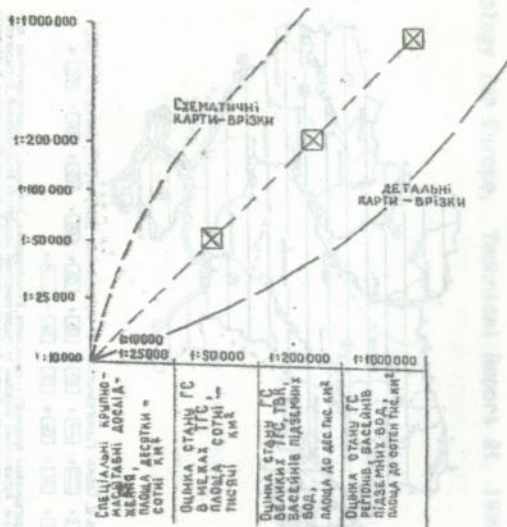


Мал. 2. Схеми гідрогеологічного районування України (ІМР, Міністерство УРСР, 1971)

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000

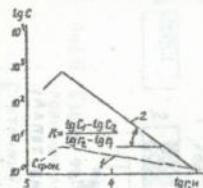
Гідрогеологічні провінції: 1-складчаста, 2-платформна; 3-границі гідрогеологічних провінцій. Артезіанські басейни та гідрогеологічні області: 4-Закарпатський, 5-гідрогеологічна область Східних Карпат, 6-Передкарпатський, 7-Волинсько-Подільський, 8-гідрогеологічна область Українського щита, 9-Дніпровський, 10-Донецько-Донецький, 11-Донецька гідрогеологічна область, 12-Причорноморський, 13-Азово-Кубанський, 14-Рівнинно-Кримський, 15-гідрогеологічна область Південного Криму, 16-границі артезіанських басейнів та гідрогеологічних областей.

Мал. 4. Оцінка співвідношення інформативності еколого-геологічних робіт різних масштабів (картографічний рівень)

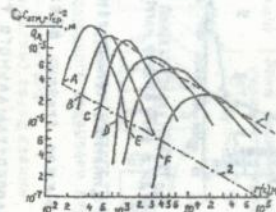


Мал. 5. Оцінка зв'язку захворюваності населення та техногенного навантаження на геологічне середовище



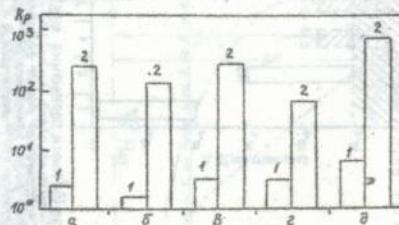


Мал.6. Схематичні графіки зміни концентрацій техногенних радіонуклідів в зоні атмогеохімічного впливу АЕС:
Зміни: 1 — атмосферних концентрацій нуклідів, $C_{атм,г}$; 2 — концентрацій нуклідів в ґрунтах, $C_{г,г}$

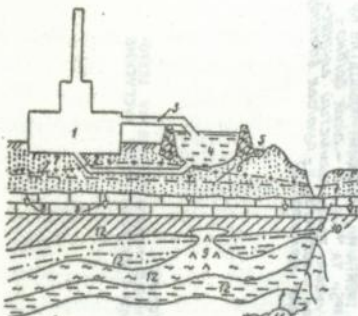


Мал.7. Графіки залежності приземної концентрації $C_{г,г}$ для вибросу на висоті $H=100м$ та відстані $R(x)$ від безперервного джерела [АЕС] при різних категоріях спокійності погоди А-Ф [4]:

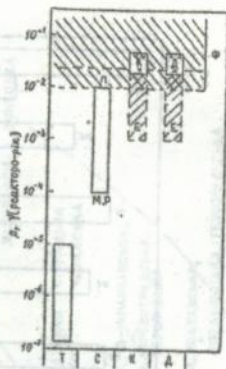
1 — обгинаюча крива максимальних концентрацій в залежності від категорій спокійності погоди;
2 — нижня межа формування суцільного радіогеохімічного поля АЕС при різних категоріях спокійності погоди



Мал.8. Вплив типу ґрунту на коефіцієнт розподілу K_p радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs : а — пісок дрібно-зернистий; б — пісок тонкозернистий глинястий; в — супісок середній; г — супісок важкий; д — супісок дуже глинястий



Мал.9. Принципова схема виявлення сейсмічних та інженерно-геологічних факторів ризику АЕС: 1 - реакторна будівля; 2 - водонапірний трубопровід; 3 - канал прокладування трубопроводу; 4 - порода осадових порід; 5 - дренажна канава; 6 - розривний шов; 7 - технічний поріг; 8 - поріг різниці рівня ґрунтової води; 9 - поріг пороговості; 10 - поріг пороговості; 11 - сейсмічний бачок; 12 - водонапірний трубопровід.



Мал.10. Графік порівняння факторів ризику АЕС: Т - технічний ризик (10^0 - 10^1 реактор-рік); С - сейсмічний ризик (землетрус максімального розмаху 10^2 - 10^3 рік); К - геологічний ризик (геологічний ризик 10^4 - 10^5 рік); Е - економічний ризик (економічний ризик 10^6 - 10^7 рік); А - активний ризик (активний ризик 10^8 - 10^9 рік). Е - область ризику, що відповідає активності кароти до 1000 м; А - область ризику, що відповідає активності кароти до 2000 м.

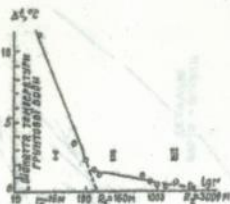


Рис.12. Термодинамічний профіль ґрунтової води в зоні впливу нагріву об'єктами АЕС

I, II, III - зони різної динаміки тепловмістості ТГС „АЕС-ГС“

I - внутрішня, в межах границь об'єктів надходження тепла;

II - центральна, плоско-радіального руху розігрітих ґрунтових вод;

III - зовнішня, несталої режиму теплового поля в межах, близьких до фонових.

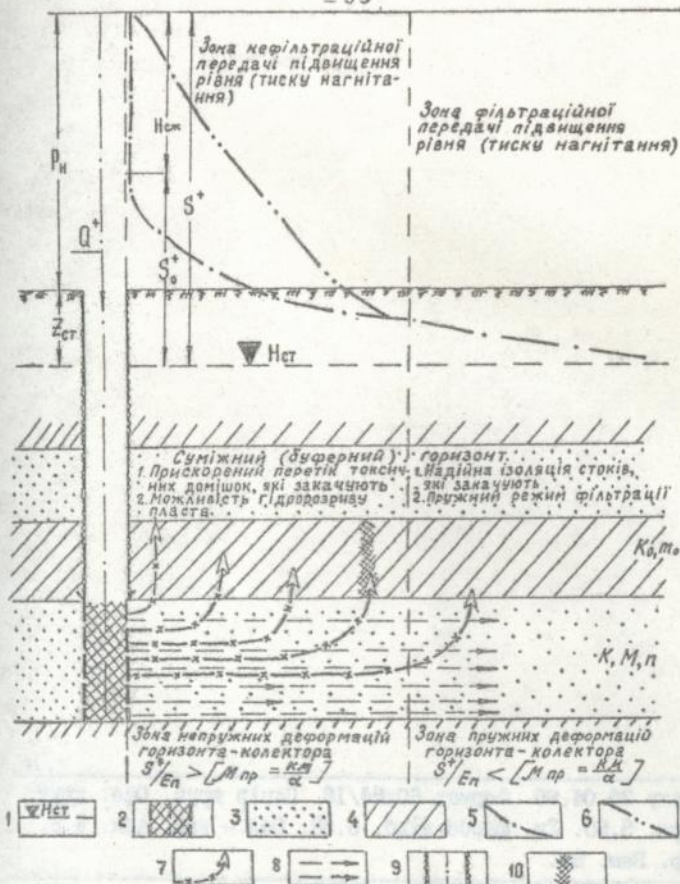
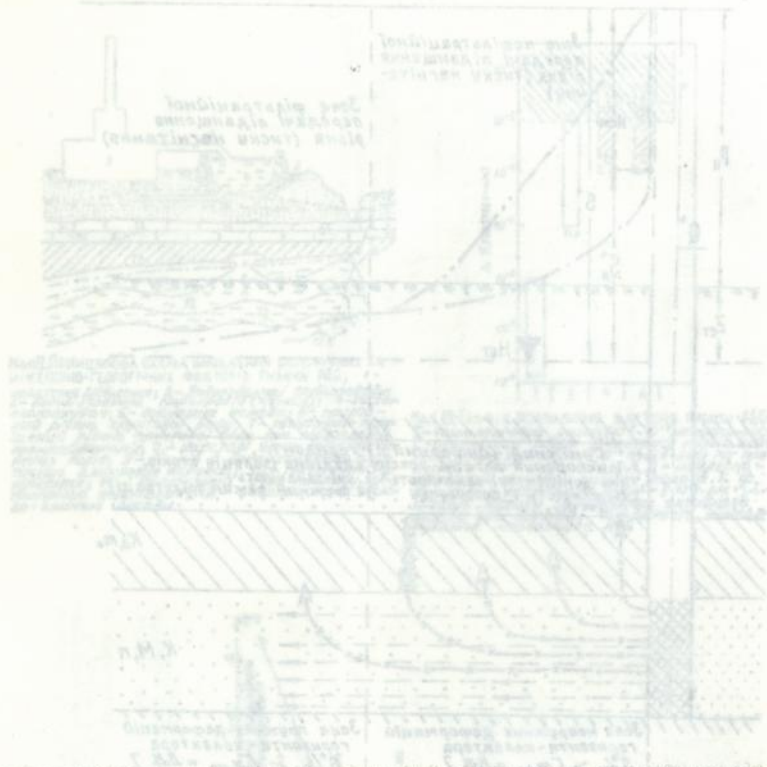


Рис II Схема оцінки зв'язку фільтраційних і енергетичних параметрів горизонт-колектора та ізолюючого водоносу при закачці стічних вод

1. Статичний рівень горизонт-колектора
2. Водоприймальна частина (фільтр) свердловини
3. Водонасний горизонт
4. Водотривкі верстви
5. Теоретична крива регресії
6. Дослідна крива регресії
7. Лінії міграції токсичних стоків
8. Лінії току при збереженні гідроізоляції горизонтів
9. Дослідна колона з затрубною цементацією
10. Зона прискореної міграції стічних вод



Підп. до друку 26.04.96. Формат 60x84/16. Папір друк. Офо. друк.
Ум. друк. арк. 5,58. Ум. фарбо-відб. 5,58. Обл.- вид. арк. 4,5.
Тираж 150 пр. Зам. 82.

Віддруковано в Інституті математики НАН України
252601 Київ 4, МСП, вул. Терещенківська, 8

1116720

AB 34.739