

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

О. М. КРАЙНЮКОВ

А. Н. НЕКОС

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ
(МОНІТОРИНГ НАФТОГАЗОНОСНИХ ТЕРИТОРІЙ)
ПІДРУЧНИК
для студентів екологічних спеціальностей
вищих навчальних закладів

ХАРКІВ – 2015

УДК 504.064.3 (075.8)
ББК 26.325.31я73
К77

Рецензенти:

Г.І. Рудько – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, академік Академії наук вищої школи України, академік Академії гірничих наук, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин;
Т. В. Дудар – доцент кафедри екології Інституту екологічної безпеки Національного авіаційного університету, кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник.

Розробка та друк виконані за спонсорської підтримки Представництва «Шелл Експлорейшн енд Продакшн Юкрейн Інвестментс (ІV) Б. В.» у рамках виконання Програми університетських досліджень відповідно до Угоди про розподіл продукції, що видобуватиметься в межах ділянки Юзівська.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 8 від 28 серпня 2015 року)*

Крайнюков О. М., Некос А. Н.

К77 Моніторинг довкілля (Моніторингнафтогазоносних територій) : підруч.
для студ. вищ. навч. закл. / О. М. Крайнюков, А. Н. Некос; худож.-
оформлювач В. М. Карасик. – Харків: Фоліо, 2015. – 203 с.

ISBN 978-966-03-7447-8

У підручнику «Моніторинг довкілля» викладені основні питання лекційного матеріалу, надані контрольні питання і завдання для закріплення теоретичного матеріалу, міститься стислий словник основних термінів.

Підручник містить чотири частини. У першій частині наведено передумови створення системи моніторингу навколишнього природного середовища, джерела і фактори антропогенного впливу на природне середовище. Детально описана класифікація екологічних ситуацій та основні етапи становлення та вдосконалення системи моніторингу, головна мета, основні завдання та принципи функціонування системи моніторингу навколишнього природного середовища.

Друга частина містить інформацію щодо методичного, метрологічного, технічного, програмного, організаційного, наукового та нормативно-правового забезпечення здійснення державної системи моніторингу довкілля в Україні.

У третій частині розглядаються екологічні ризики і безпека нафтогазових об'єктів та проблеми, пов'язані із функціонуванням нафтогазових комплексів.

Четверта частина містить важливу практичну інформацію щодо методів контролю вуглеводневого забруднення та рекомендацій задля створення мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами нафтогазоносних територій.

Підручник призначений для студентів освітнього рівня «Магістр» спеціальностей «Хімія», «Екологія та охорона навколишнього середовища» та «Геологія нафти і газу», які навчаються за спеціалізацією «Екогеохімія нафти та газу».

УДК 504.064.3 (075.8)
ББК 26.325.31я73

© О. М. Крайнюков, А. Н. Некос, 2015

ISBN 978-966-03-7447-8

© В. М. Карасик, художнє оформлення., 2015

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Створення та удосконалення системи моніторингу довкілля. Екологічний стан території та екологічна ситуація. Проблеми, що вирішуються в межах глобального моніторингу.....	8
1.1. Передумови створення системи моніторингу довкілля та її удосконалення.....	8
1.2. Екологічний стан території. Екологічна ситуація. Оцінювання екологічних ситуацій.....	11
1.3. Глобальний моніторинг.....	16
Розділ 2. Загальні підходи щодо організації та здійснення системи моніторингу. Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) в Україні.....	25
2.1. Загальні підходи щодо організації та здійснення системи моніторингу.....	25
2.2. Мета, завдання та принципи функціонування ДСМД в Україні.....	34
2.3. Структурні елементи ДСМД.....	37
2.4. Забезпечення здійснення ДСМД в Україні.....	42
2.5. Недоліки у функціонуванні ДСМД в Україні.....	49
2.6. Об'єкти та суб'єкти моніторингу.....	53
2.7. Моніторинг атмосферного повітря.....	58
2.8. Моніторинг вод.....	63
2.9. Моніторинг ґрунтів.....	68
2.10. Моніторинг у сфері поводження з відходами.....	76
2.11. Моніторинг біорізноманіття.....	82
Розділ 3. Екологічні проблеми нафтогазоносних територій.....	92

3.1. Загальний глобальний цикл вуглецю.....	92
3.2. Екологічні проблеми нафтогазової галузі	94
3.2.1. Організаційно-економічні проблеми.....	94
3.2.2. Технологічні проблеми.....	96
3.2.3. Природно-ресурсні проблеми.....	99
3.3. Екологічні ризики і безпека нафтогазових об'єктів.....	101
3.4. Технологічні аспекти впливу процесів буріння на навколишнє природне середовище.....	105
3.5. Вплив об'єктів нафтогазового комплексу на атмосферу.....	106
3.6. Параметри процесу горіння вуглеводнів.....	109
3.7. Вплив об'єктів нафтогазового комплексу на водне середовище.....	115
3.8. Вплив нафтогазових об'єктів на ґрунт, рослинний і тваринний світ.....	119
3.9. Вплив об'єктів нафтогазовидобутку на геологічне середовище.....	126
Розділ 4. Методи екологічного моніторингу. Комплекс заходів з обмеження вуглеводневого забруднення нафтогазоносних територій.....	133
4.1. Методи контролю вуглеводневого забруднення.....	133
4.2. ІЧ-спектрофотометрія.....	134
4.3. Люмінесцентні методи.....	137
4.4. Дистанційні методи моніторингу.....	138
4.5. Моделювання в екологічному моніторингу.....	152
4.6. Проблема мінімальної моделі і етапи процесу математичного моделювання.....	152

4.7. Методи прогнозування забруднення повітряного середовища.....	154
4.7.1. Моделі прогнозування забруднення атмосферного повітря.....	157
4.8. Моделювання забруднення водного середовища органічними відходами.....	159
4.9. Моделювання забруднення ґрунтів при розливах вуглеводнів.....	161
4.9.1. Одновимірна модель забруднення ґрунту.....	162
4.10. Застосування біологічних методів аналізу забруднення довкілля нафтопродуктами.....	165
4.11. Розроблення системи біотестування для визначення токсичності і генотоксичності води та фітотоксичності ґрунту	170
4.12. Комплекс заходів з обмеження вуглеводневого забруднення нафтогазоносних територій.....	173
4.12.1 Ліквідація наслідків аварійного забруднення території нафтопродуктами	173
4.12.2. Створення мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами нафтогазоносних територій.....	180
4.12.3. Особливості функціонування регіональної мережі спостережень на території, забрудненої нафтопродуктами.....	182
4.12.4. Опис характеристики району спостережень і рекомендації з відбору проб.....	183
Словник основних термінів.....	189
Список використаної літератури.....	201

ВСТУП

Технічний прогрес суспільства завжди супроводжувався численними проблемами. До однієї з головних слід віднести протиріччя між розвитком цивілізації та природним середовищем. Починаючи із 70-х років XX сторіччя суспільство опинилось на порозі глобальної екологічної кризи, прояви якої добре відомі. Це деградація природних екосистем, втрата біорізноманіття та зникнення багатьох видів тварин і рослин, зростання захворюваності населення, нестача продуктів харчування, чистої питної води, глобальна зміна клімату, виснаження озонового шару на фоні посилення антропогенного навантаження на природне середовище і т. ін.

Після Всесвітньої конференції з охорони навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро набуло розповсюдження нове поняття «стійкий розвиток», що означає такий соціально-економічний розвиток суспільства, управління яким повинно забезпечувати передачу нащадкам усіх природних ресурсів у стані, не гіршому від сучасного. Означена Концепція стала основою управління розвитком світової спільноти, орієнтованого на подолання протиріч між зростанням потреб суспільства у використанні природних ресурсів і необхідністю зупинення подальшої деградації природних екосистем як середовища мешкання всіх живих істот на Землі.

Головним принципом вирішення цієї проблеми є забезпечення екологічної безпеки господарської діяльності. Він означає, що при удосконаленні існуючих і створенні нових техногенних об'єктів на всіх етапах його життєвого циклу, включаючи проектування, спорудження та експлуатацію, повинні враховуватися вимоги і критерії, які дозволять забезпечити максимальну сумісність даного об'єкта і навколишнього природного середовища, зберегти екологічну рівновагу. Реалізація принципу екологічної безпеки базується на системному підході до аналізу і прогнозу наступних змін і наслідків, які можуть виникнути в природних екосистемах та біосфері в цілому. Важливим інструментом у забезпеченні екологічної безпеки виробничої діяльності є екологічний моніторинг. Екологічний моніторинг є

обов'язковим елементом у програмах комплексного соціально-економічного розвитку різних регіонів, територіально-виробничих комплексів та окремих підприємств.

Екологічний моніторинг розглядається як сукупність систем комплексного спостереження за антропогенними і природними джерелами впливу, станом навколишнього середовища, динамікою змін, що відбуваються в ньому за прогнозом розвитку ситуацій та управлінням ними.

У підручнику представлено концепцію екологічного моніторингу нафтогазового комплексу, яка повинна бути основою розробки програми моніторингу, створення технічного проекту організації та проведення моніторингу, формування служби моніторингу на підприємствах нафтогазової галузі. При розробці концепції виробничого екологічного моніторингу нафтогазового комплексу використовувався досвід існуючих екологічних експертних та моніторингових систем, спрямованих на вирішення завдань охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів нафтогазоносних територій.

Нафтогазова галузь є одною із базових в економіці країни. Вона справляє сильний і комплексний вплив на навколишнє середовище. Найбільш істотні порушення навколишнього середовища виникають за рахунок бурових свердловин, за допомогою яких здійснюють пошук, розвідку та експлуатацію нафтогазових родовищ. Тому необхідне проведення досліджень з метою знаходження екологічно доцільної рівноваги на рівні, що дає максимальний еколого-економічний ефект під час освоєння ділянок надр, що містять вуглеводні.

Підручник розраховано на студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Автори виражають щиру вдячність Катерині Богданівні Уткіній, Ірині Миколаївні Табачній та Наталії В'ячеславівні Чижовій за допомогу, яка була надана при створенні підручника.

РОЗДІЛ 1

Створення та удосконалення системи моніторингу довкілля. Екологічний стан території та екологічна ситуація. Проблеми, що вирішуються в межах глобального моніторингу

1.1. Передумови створення системи моніторингу довкілля та її удосконалення

Необхідність створення системи моніторингу з'явилась у зв'язку із прогресуючим наростанням антропогенного впливу на природне середовище в результаті взаємодії суспільства і природи.

Для цього процесу характерні три основні стадії, які вважаються етапами розвитку глобальної системи «суспільство – природа»:

- **функціонально незамкнена система** (від виникнення людського суспільства до епохи пізнього палеоліту) – слабкі антропогенні впливи ще не викликали змін у навколишньому природному середовищі;
- **функціонально-частково замкнена система** продовжувалась приблизно 40 тис. років (від епохи пізнього палеоліту до середини XX століття). На цій стадії вже почала проявлятися зворотна реакція природного середовища на антропогенні впливи, але відчутних для людства негативних наслідків ще не спостерігалось;
- **функціонально-замкнена система** (із середини XX століття до наших днів), коли значний антропогенний вплив на природу створив реальну загрозу виникнення невідворотних глобальних процесів, які спроможні зробити навколишнє природне середовище непридатним для подальшого розвитку цивілізації та самого існування людського суспільства.

У цілому весь період, що охоплює першу та другу стадії, характеризувався тим, що запаси і природне відтворення природних ресурсів значно перебільшували потреби суспільства.

Таким чином, починаючи із середини ХХ століття, почалася сучасна екологічна криза, яка набула глобального, загальносвітового значення, тому що виникла небезпека руйнування умов життєзабезпечення людства та функціонування біосфери в цілому. В останні десятиріччя спостерігається зменшення концентрації стратосферного озону, а над полярними областями виникли так звані «озонові дірки». Ця тенденція викликає особливе занепокоєння, оскільки озоновий шар має властивість поглинати жорстку ультрафіолетову радіацію, яка згубно діє на живі організми.

Людство йде до вичерпання багатьох видів мінеральної сировини, чистої прісної води. Доступну сировину, згідно з багатьма прогнозами, буде вичерпано до 2100 року, а органічне паливо – ще раніше, тому виникають проблеми забезпечення мінеральними та енергетичними ресурсами. Створення потужних гідроелектростанцій (ГЕС) призводить до вилучення надто великих площ сільськогосподарських угідь, а будівництво нових атомних електростанцій викликає обурення громадськості у зв'язку з потенційною загрозою аварій і, як наслідок, можливими катастрофічними наслідками.

Екологічна ситуація, що склалася в останні десятиріччя обумовила інтенсивний пошук шляхів та методів зменшення негативних наслідків втручання людини у функціонування природних екосистем. Для отримання необхідних уявлень щодо реального стану на перспективу та цілеспрямованого управління його якістю на початку 70-х років ХХ століття на конференції ООН з охорони навколишнього середовища (Стокгольм, 5–16 червня 1972 р.) було запропоновано організувати систему повторних спеціальних спостережень за станом навколишнього природного середовища у просторі та часі за спеціально підготовленою програмою. Тоді вперше з'явився термін «моніторинг» (від англ. *monitoring* – той, що спостерігає, наглядає, нагадує). Означене визначення системи моніторингу було запропоновано Р. Манном.

Наукові засади здійснення системи моніторингу в умовах колишнього СРСР було розроблено І. П. Герасимовим та Ю. А. Ізраєлем. Відповідно до їх концепцій систему моніторингу, у порівнянні з первинним визначенням за

Манном, було доповнено важливим елементом, а саме, урахуванням антропогенних факторів впливу на зміни стану навколишнього природного середовища.

З часів свого утворення, по мірі ускладнення екологічних проблем, система моніторингу докiлля незмінно удосконалювалась та трансформувалась. Цей процес продовжується і по цей час. Відповідно до визначення моніторингу за Манном Р. І. основною метою системи моніторингу є проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища. У подальшому, з появою нових завдань, система моніторингу ускладнювалась шляхом включення допоміжних елементів – аналізу та оцінки змін стану навколишнього природного середовища під впливом антропогенних та природних чинників, прогнозу стану на короткострокову та довгострокову перспективи, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень з метою покращання стану навколишнього природного середовища.

Нижче приведено декілька визначень поняття «моніторинг», в яких простежуються етапи удосконалення системи моніторингу.

Моніторинг (за Манном) – це система повторних спостережень одного чи більше елементів навколишнього природного середовища у просторі та часі з визначеними цілями у відповідності до заздалегідь підготовленої програми.

Моніторинг (за Ю. А. Ізраелем та І. П. Герасимовим) – система спостережень, яка дозволяє виявити зміни стану біосфери під впливом людської діяльності.

Моніторинг навколишнього (навколо людини) середовища (за М. Ф. Реймерсом) – слідкування за станом навколишнього природного середовища та попередження про критичні ситуації, шкідливі або небезпечні для здоров'я людей та інших живих організмів.

Державний моніторинг довкілля (відповідно до Положення КМУ «Про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391) – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження, аналізу й

оцінки інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Питання для самоконтролю.

1. Які три етапи розвитку системи «природа - суспільство» можна виділити?
2. Назвіть час, коли екологічна криза набула глобального значення та основні проблеми, що складають найбільшу небезпеку для навколишнього природного середовища.
3. Коли та за яких обставин вперше з'явився термін «моніторинг»?
4. Внаслідок яких обставин відбувалось удосконалення визначення «моніторинг»?
5. Дайте визначення терміну «моніторинг» за М. Ф. Реймерсом.
6. Дайте сучасне визначення державного моніторингу довкілля.

1.2. Екологічний стан території. Екологічна ситуація

Оцінювання екологічних ситуацій.

Визначення екологічного стану природного середовища необхідно для характеристики екологічної ситуації будь-якої території.

Екологічний стан території – це сукупність хімічних, фізичних та біологічних характеристик даної території, що визначають ступінь антропогенного впливу на неї.

Для визначення екологічного стану території необхідно:

- скласти та описати карту-схему регіону із зазначенням основних виробництв та великих автомагістралей з інтенсивними транспортними потоками, місць забору питної і технічної води, місць скиду стічних вод та розміщення очисних споруд;

- визначити за даними статистичної звітності валові викиди і скиди забруднюючих речовин у цілому за регіоном та за основними виробництвами;

- скласти список пріоритетних забруднюючих речовин по регіону, у тому числі специфічних речовин;

- провести оцінку стану атмосферного повітря, водних об'єктів, лісів та ґрунтів шляхом порівняння фактичних концентрацій забруднюючих речовин з нормативами;

- провести оцінку стану поводження з відходами;

- описати стан мереж водопостачання та каналізації із зазначенням санітарно-гігієнічної оцінки якості питної води і ступеня очистки стічних вод.

Вплив антропогенної діяльності на природне середовище призвів до зміни природних характеристик тієї чи іншої території. Для характеристики величини цих змін було введено поняття «Екологічна ситуація». Наведемо одне з визначень цього поняття.

Екологічна ситуація – це сукупність станів об'єктів та/або суб'єктів природного середовища у межах визначеної території (ландшафт, річковий басейн, територіально-адміністративний район, територія міста) у визначений проміжок часу.

Екологічна ситуація може класифікуватися за збільшенням ступеня екологічної несприятливості наступним чином:

- відносно задовільна;
- напружена;
- критична;
- кризова (або зона надзвичайної екологічної ситуації);
- катастрофічна (або зона екологічного лиха).

Первинним елементом оцінювання екологічної ситуації виступає стан об'єкту та/або суб'єкту у визначений момент часу. Сукупність станів у межах визначеного періоду часу дає уявлення про стан об'єкту та/або суб'єкту в

цілому. Сукупність станів різних об'єктів та/або суб'єктів у межах визначеної території дає уявлення про ситуацію.

У даному контексті об'єкт являє собою абіотичну складову природного середовища, а суб'єкт – біотичну.

Екологічні ситуації оцінюються у межах відповідних територій. Останні виділяються за різними причинами, звичайно у зв'язку з необхідністю оцінки ситуації у даному регіоні, або у рамках проектування та освоєння.

Екологічні ситуації оцінюються у межах наступних систем:

- навколишнього природного середовища;
- ландшафтних систем різних рангів;
- річкових басейнів;
- адміністративних територій різних рангів;
- господарсько-економічних систем різних рангів;
- територій проектування або освоєння.

Екологічні фактори у межах означених систем формуються як антропогенними, так і природними факторами і передумовами.

Серед антропогенних факторів можна виділити наявність антропогенних джерел забруднення, антропогенне перетворення ландшафтів, господарську освоєність території, інтенсивність споживання природних ресурсів. До природних факторів відносяться: рівень стійкості екосистем, умови міграції та траєкторії перерозподілу речовин, наявність або відсутність небезпечних природних явищ, природних осередків інфекції.

До основних параметрів, що характеризують екологічну ситуацію, звичайно відносять рівень сумарного техногенного навантаження на територію, обумовлений структурою природокористування; стійкість природних екосистем; рівень збалансованості та стабільності соціально-економічних систем та ін.

Оцінювання екологічної ситуації будь-якої території ґрунтується на використанні різних нормативів (санітарно-гігієнічних, рибогосподарських, екологічних, природно-ресурсних і т. ін.), які регламентують стан окремих

компонентів природного середовища. Як порівняльний критерій звичайно використовують нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Особливість оцінки екологічних ситуацій полягає у їх динамізмі. Важливо знати не тільки ситуацію на даний момент часу, але і тенденції, тобто попередню ситуацію, а також ситуацію, що прогнозується. Процеси та явища, що визначають екологічні ситуації, можуть бути постійними, періодичними, разовими, епізодичними. Відповідні реакції систем не є дзеркальним відображенням впливів, оскільки системи проявляють пружність, інерційність, в них відбуваються ланцюгові реакції тощо.

Реакція системи на вплив звичайно запізнюється, що пов'язано з інерційністю. У результаті в екосистемах встановлюються різні тенденції екологічного стану: рівноважні, прогресуючі, хронічні, пульсуючі, згасаючі. Якщо навіть у момент часу, що розглядається, фіксуються аналогічні значення показників забруднення середовища, їх не можна розглядати як однотипні екологічні ситуації, бо в одному випадку ситуація може бути успадкована, в іншому – є наслідком швидкого розвитку процесів, що відбуваються.

Для складання прогнозу екологічної ситуації необхідно визначити фактори, відповідальні за згадані тенденції. Частіше за все має місце нашарування дії різних факторів. Нерідко та чи інша екологічна проблема є наслідком давно минулих явищ, тобто є залишковою.

Відповідно до критеріїв оцінки екологічного стану **надзвичайна екологічна ситуація** на будь-якій території може бути зафіксована у випадку, коли в результаті господарської або іншої діяльності відбуваються стійкі негативні зміни у навколишньому природному середовищі, що загрожують здоров'ю населення, стану природних екологічних систем, генетичним фондам рослин та тварин.

Зона екологічного лиха – це територія, де в результаті господарської або іншої діяльності відбулися глибокі невідворотні зміни у навколишньому природному середовищі, що спричинили істотне погіршення здоров'я

населення, порушення природної рівноваги, руйнування природних екологічних систем, деградацію флори і фауни.

Виявлення зон екологічного лиха та зон надзвичайних екологічних ситуацій на підставі запропонованих критеріїв проводиться з метою визначення джерел і факторів погіршення екологічної ситуації та розробки обґрунтованої програми невідкладних заходів зі стабілізації та зниження ступеня екологічної несприятливості на території, що досліджується.

Глибокі невідворотні зміни повинні розглядатися за відносно короткий історичний термін – не менш як за тривалість життя одного покоління людей.

Під істотним погіршенням здоров'я населення розуміють збільшення невідворотних, несумісних із життям порушень здоров'я, зміну структури причин смерті (онкологічні захворювання, уроджені пороки розвитку, загибель плоду) та появу специфічних захворювань, що викликані забрудненням навколишнього середовища. А також істотне збільшення частоти відворотних порушень здоров'я (неспецифічні захворювання, відхилення фізичного та нервово-психічного розвитку, порушення ходу вагітності, пологів й таке інше), пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища.

Ступінь погіршення здоров'я людини характеризують медико-демографічні критерії; ступінь зміни середовища проживання – критерії забруднення атмосферного повітря, води, ґрунтів, інтенсивність іонізуючого випромінювання.

Під критерієм мається на увазі сукупність показників, що дозволяють охарактеризувати погіршення стану здоров'я населення та якості навколишнього середовища.

Показники означають міру, параметри – межі інтервалів, що відповідають ступеням екологічної несприятливості території. Значення параметрів приймаються на основі наукових та експериментальних даних або на підставі експертних оцінок спеціалістів.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення понять «Екологічний стан території» та «Екологічна ситуація».
2. Як класифікуються екологічні ситуації за збільшенням ступеня екологічної несприятливості?
3. Дайте визначення понять «Надзвичайна екологічна ситуація» та «Зона екологічного лиха».
4. Які критерії та показники враховуються для оцінки екологічної ситуації? Наведіть приклади до кожного з них.
5. Назвіть основні міжнародні угоди щодо охорони довкілля, учасником яких є Україна.
6. Наведіть основні критерії та показники для оцінки екологічної ситуації.
7. Дайте коротку характеристику показників стану атмосферного повітря, природних (поверхневих і підземних) вод, ґрунтів, наземних і водних екосистем, які необхідно враховувати при здійсненні оцінки екологічної ситуації.

1.3. Глобальний моніторинг

Найбільш вагомі екологічні проблеми наслідків антропогенних навантажень на навколишнє природне середовище характеризується масштабністю та гостротою прояви негативних ефектів майже до глобального охопту. У 1972 році на Стокгольмській конференції ООН було запропоновано організувати Службу Землі (Earth watch) як складової Програми ООН з проблем навколишнього природного середовища – ЮНЕП (UNEP – United Nations Environment Program).

Означену Службу було визначено як Глобальну систему моніторингу навколишнього середовища – ГСМНС (GEMS – Global Environment Monitoring System).

Важливим етапом у розробленні концепції ГСМНС є Міжурядова нарада у Найробі у лютому 1974 року, на якій було сформульовано основні цілі глобальної системи моніторингу:

- організація широкої системи попередження щодо загрози здоров'ю людей;
- оцінка глобального забруднення атмосфери та його впливу на клімат;
- оцінка кількості та розподіл забруднень у біологічних системах, особливо в харчових ланцюгах;
- оцінка реакції наземних екосистем на антропогенні навантаження;
- оцінка забруднення океану та вплив забруднень на морські екосистеми;
- створення удосконаленої системи попередження щодо стихійного лиха у міжнародному масштабі.

Із 1990-го року в межах Міжнародної геосферно-біосферної програми (МГБП), яка функціонує на основі широкого застосування космічних засобів спостережень, вирішується ряд ключових проблем:

- досліджуються закономірності хімічних процесів у глобальній атмосфері і роль біологічних процесів у кругообігу газових компонентів, зокрема, проводиться аналіз впливу змін вмісту озону в стратосфері на проникнення до земної поверхні біологічно небезпечного ультрафіолетового випромінювання, оцінюється вплив аерозолів на клімат та ін.;
- вивчається вплив біогеохімічних процесів, що відбуваються в океані, на клімат, досліджується глобальний газообмін між океаном і атмосферою, морським дном і границями континентів;
- вивчається вплив глобальних змін у біосфері на континентальні екосистеми з метою розробки прогнозу їх впливу на біорізноманіття;
- здійснюється моделювання Земної системи з метою прогнозу її еволюції. Створюються чисельні моделі у глобальному масштабі, розробляються кількісні оцінки взаємодії глобальних фізичних, хімічних і біологічних

інтерактивних процесів у Земній системі протягом останніх 100 тисяч років. У рамках МГБП вивчаються біогеофізичні кругообіги вуглецю, азоту, фосфору і сірки, які визначаються як природними, так і антропогенними факторами.

У глобальних кругообігах речовини і енергії найважливішу роль відіграє Світовий океан. Він функціонує як великий резервуар біогенних компонентів і складає значну частину продуктивності біосфери.

Таким чином, задачі глобального моніторингу є багатокритерійними. Однією з головних задач є визначення величини допустимого навантаження на біосферу Землі. При цьому допустимими слід вважати такі впливи, які не призводять до погіршення стану біосфери.

У цілому **Глобальний моніторинг** – це система моніторингу за станом навколишнього природного середовища, що здійснюється у глобальному, загальноземному масштабі.

За теперішнього часу можна виділити наступні проблеми, для вирішення яких необхідне здійснення глобального моніторингу:

- руйнування озонового шару Землі;
- глобальна зміна клімату планети;
- забруднення Світового океану та погіршення якості природних вод;
- зменшення біорізноманіття та проблема збереження лісів.

Моніторинг озонового шару

Проблема виснаження озонового шару виникла за часів відкриття британцями у 1985 році озонової дірки (істотного зменшення кількості озону) над Антарктикою, а пізніше і над Арктикою. Основною небезпекою скорочення рівня озону в озоновому шарі слід вважати зміни температурного режиму планети і збільшення інтенсивності жорсткого ультрафіолетового випромінювання (УФ-Б), яке згубно діє на живі організми. Було встановлено, що однією з головних причин руйнації озонового шару є хімічні речовини, що викидаються в атмосферне повітря в результаті антропогенної діяльності. Найбільш небезпечними речовинами є хлорфторвуглеводні (ХФВ), які є стійкими у

тропосфері, але руйнуються у стратосфері під дією ультрафіолетового випромінювання з утворенням вільного радикалу хлору, який, вступаючи у реакцію з молекулою озону, руйнує її. Найбільш загрозливим є те, що озонову дірку виявили у «мертвій зоні», де озон міг тільки зберігатися та накопичуватися, але ніяк не зменшуватися. Спостереження та дослідження цього явища дозволили встановити, що воно стало наслідком накопичення в атмосфері озоноруйнуючих речовин (ОРР) та метеорологічних умов, характерних для Антарктики у цей період.

Виснаження озонового шару може призвести до негативних наслідків на всій планеті. Прикладом небезпеки, що склалася, є експеримент, що проводився у США на одному з островів Карибського басейну. У процесі експерименту проводилось розпилення над озоновим шаром речовини, що повністю зв'язує озон. У результаті за декілька годин впливу випромінювання УФ-Б все живе на острові було знищено. Виключення склали декілька черепах, яких зберігав панцир.

У 1981 році Радою управляючих ЮНЕП (програма охорони навколишнього середовища ООН) була затверджена Спеціальна робоча група експертів для розробки глобального рамкового документа щодо охорони озонового шару. Внаслідок чотирьохрічної результаті 4-х річної напруженої праці та важких переговорів 16 вересня 1985 року була прийнята Віденська конвенція про охорону озонового шару, яка набрала сили 22 вересня 1988 року. Метою її є захист здоров'я людей і навколишнього природного середовища від несприятливих впливів змін стану озонового шару. Конвенція передбачає допомогу ряду країн щодо вивчення, наукової оцінки, розробки науково-обґрунтованих заходів, пристроїв, методів поліпшення ситуації тощо, а також порядку здійснення досліджень та спостережень, обміну інформацією і співробітництва сторін. Вказано також перелік речовин, що впливають на стан озонового шару.

Продовженням роботи над збереженням і спостереженням за станом озонового шару Землі став Монреальський протокол 1987 року, в якому

наводяться речовини, що руйнують озоновий шар (прийнято у Монреалі 16 вересня 1987 року). Метою цього документа є забезпечення охорони озонового шару шляхом прийняття превентивних заходів щодо належного регулювання всіх глобальних викидів речовин, що руйнують озоновий шар.

Основними методами здійснення протоколу є зменшення, а в багатьох випадках і припинення виробництва та використання озоноруйнучих речовин (в основному до них відносяться різні види фреонів) шляхом заміни їх на інші, не впливаючі на стан озонового шару, речовини. У протоколі вказано перелік основних класів і видів озоноруйнучих речовин, що виробляються у світі з розрахунковими коефіцієнтами озоноруйнучої спроможності, вказані терміни зменшення і припинення їх виробництва та/або використання. Також визначено механізм експорту та імпорту озоноруйнучих речовин, прийняття регулюючих заходів, представлення даних і обмін інформацією.

Кліматичний моніторинг

Проблема зміни клімату набуває великого значення у зв'язку зі значним посиленням впливу на екологічні процеси антропогенної діяльності. Зміна клімату може призвести до невідправних негативних наслідків, серед яких слід виділити зміну меж кліматичних поясів і, відповідно, природних зон, порушення функціонування екосистем, загибель деяких біологічних видів, танення льодовиків та, як наслідок, збільшення рівня світового океану. Велике значення тут має також збільшення в атмосфері CO₂, що головним чином відповідає за парниковий ефект. З метою урегулювання проблеми парникового ефекту в 1997 році 159 країнами було підписано Кіотський протокол, який вступив у силу 16 лютого 2005 року. Через його реалізацію передбачалось зниження виробництва парникових газів з метою запобігання збільшення парникового ефекту, наслідком якого є збільшення температури атмосферного повітря та зміна клімату Землі.

Для здійснення глобального моніторингу за зміною клімату планети і забрудненням атмосферного повітря було організовано служби, метою яких є спостереження за станом атмосферного повітря Землі, розробка заходів щодо

запобігання негативних змін і його стану. Однією з таких служб є Глобальна служба атмосфери (Global Atmosphere Watch), яка виникла у 1989 році у результаті злиття Глобальної системи спостереження за озоном (Global Ozone Observing System) та Мережею моніторингу фоновго забруднення повітря (Background Air Pollution Monitoring Network). Мережа включає глобальні та регіональні вимірювальні станції, що управляються національними метеорологічними службами, а також науковими організаціями більш як 65 країн, на території яких ці станції знаходяться.

Моніторинг трансграничного переносу забруднень атмосферного повітря

Однією з існуючих та важливих проблем забруднення атмосферного повітря є трансграничний перенос забруднюючих речовин на великі відстані, який здійснюється в результаті глобальної циркуляції атмосфери. Низка країн, таких як США, Росія, Китай, Індія, викидають у атмосферу величезні об'єми забруднюючих речовин, що чинить негативний вплив і на території інших держав. У результаті виникла необхідність урегулювання цього питання. З цією метою була прийнята Конвенція про транскордонне забруднення повітря, що була підписана у 1979 році під егідою Європейської економічної комісії ООН. На сьогодні до міжнародної угоди приєдналися 49 країн. Конвенція спрямована на розробку загальної політики та стратегії у сфері боротьби із забрудненням повітря, що досягається завдяки впровадженню зіставлених процедур для проведення моніторингу, розробці сумісної програми моніторингу навколишнього середовища на базі існуючих національних та міжнародних програм, а також здійсненню обміну національними даними щодо стану атмосфери.

Моніторинг Світового океану та природних вод

Для реалізації спостережень за станом Світового океану було створено Глобальну систему спостережень за океаном при ЮНЕСКО (The Global Ocean Observing System (GOOS)). Основною метою функціонування даної глобальної

системи є спостереження, моделювання й аналіз морських та океанічних змінних величин з метою підтримання океанічних служб в усьому світі. Система забезпечує точні описи екологічних станів океанів, включаючи біоресурси; складає прогнози майбутніх станів на перспективу, а також прогнози майбутньої зміни клімату.

Велике значення у спостереженні за станом Світового океану має також Міжурядова океанографічна комісія МОК (Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)), яка є єдиною міжнародною міжурядовою організацією, що займається усіма аспектами вивчення Світового океану. Багато програм МОК здійснюються у тісному співробітництві з іншими міжнародними організаціями. МОК є органом ЮНЕСКО із функціональною автономією. Членами МОК є 127 країн.

Крім того, в багатьох країнах світу створені власні служби для здійснення спостережень за якістю вод, що співпрацюють із всесвітніми службами. Однією з них є, наприклад, Водна служба при Агентстві охорони навколишнього середовища США (EPA Water Office), основна задача роботи якої є запобігання будь-яких забруднень водних ресурсів. Подібну організацію було створено також у Європі – Європейську Водну Асоціацію (European Water Association) – одну з головних професійних асоціацій, яка охоплює як питну воду, так і воду для промислових потреб. Асоціація співпрацює майже з усіма європейськими країнами. Окрім обміну інформацією і роботи над стандартизацією, задача асоціації постає у створенні загальноєвропейської політики у галузі водних відношень. У сферу інтересів EWA входить також екологічний моніторинг водних об'єктів, з метою удосконалення якого була створена Європейська мережа контролю за забрудненням водних об'єктів (European Water Pollution Control Network (EWPCN)), яка призначена для спеціалістів у галузі охорони водних ресурсів.

У галузі водної політики європейськими країнами прийнято низку міжнародних угод, серед яких слід виділити Директиву 2000/60/ЄС Європейського парламенту та ради (Directive 2000/60/EC of European Parliament

and of the Council) від 23 жовтня 2000 року. Реалізація положень директиви має сприяти поступовому зменшенню скидів небезпечних речовин у водні об'єкти. Для забезпечення досягнення сприятливого стану підземних та поверхневих вод у межах країн ЄС, а також для усунення погіршення стану вод Директивою передбачено сумісне здійснення моніторингу вод у країнах ЄС, співробітництво з розробки методів поліпшення ситуації і з часом об'єднання систем моніторингу різних країн у загальну Європейську систему моніторингу вод.

Моніторинг збереження біорізноманіття

Одним із важливих видів моніторингу є Глобальний моніторинг збереження біорізноманіття. Він здійснюється з метою спостереження та прийняття заходів щодо збереження біологічного різноманіття, збереження біосфери Землі в існуючому вигляді. Найбільш значною є Лісова програма WWF (World Wildlife Fund – Всесвітній фонд дикої природи). WWF є на сьогодні однією з найбільш потужних та впливових неурядових природоохоронних організацій світу.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняття «глобальний моніторинг».
2. Сформулюйте основні цілі глобального моніторингу.
3. Охарактеризуйте проблему, що вирішується в межах моніторингу озонного шару.
4. Які завдання передбачено Кіотським протоколом у зв'язку з проведенням кліматичного моніторингу ?
5. Який основний документ покладено в основу здійснення моніторингу вод у країнах ЄС?
6. Коротко охарактеризуйте значення моніторингу транскордонного переносу забруднень атмосферного повітря.

Питання для підготовки до поточного контролю

1. Обґрунтовувати доцільність здійснення моніторингу навколишнього природного середовища на прикладі надзвичайних екологічних ситуацій, які виникали в межах України, своєї області.
2. Знати основні фактори, що зумовили створення системи моніторингу довкілля.
3. Знати, коли вперше було запропоновано ввести поняття «моніторинг».
4. Вміти охарактеризувати основні види забруднень навколишнього природного середовища.
5. Орієнтуватись, які складові елементи були притаманні системі моніторингу в первинному вигляді.
6. Знати, за яких причин удосконалювалась система моніторингу до сучасного рівня.
7. Вміти розкрити сутність поняття «Моніторинг довкілля» від класичного до сучасного та простежити етапи вдосконалення системи моніторингу.
8. Знати, стан яких природних компонентів необхідно проаналізувати для здійснення оцінки екологічної ситуації.
9. Вміти формулювати сучасне трактування системи моніторингу та назвати всі її складові елементи.
10. Знати, стан яких природних компонентів необхідно проаналізувати для здійснення оцінки екологічної ситуації.
11. Формулювати екологічні проблеми, що становлять найбільшу небезпеку для навколишнього природного середовища та є предметом глобального моніторингу.

РОЗДІЛ 2

Загальні підходи щодо організації та здійснення системи моніторингу.

Державна система моніторингу довкілля (ДСМД) в Україні

2.1. Загальні підходи щодо організації та здійснення системи моніторингу

Аналіз сучасних підходів до організації та здійснення системи моніторингу дозволяє виділити головну мету його функціонування – задоволення потреби в інформації для інтегрованого екосистемного підходу до управління станом навколишнього природного середовища.

В основу такого підходу покладено відомий принцип комплексності цілей і завдань управління. Якщо узагальнювати різні за термінологією формулювання, то можна виділити два види цілей і завдань управління. Мета першого типу визначає необхідність ефективного природокористування, включаючи безпеку існування людини в навколишньому природному середовищі та можливості безпечного використання природних ресурсів; мета другого типу встановлює необхідність збереження біологічного благополуччя природних об'єктів як екосистем.

Виходячи з вищенаведеного, моніторинг стану навколишнього природного середовища має бути орієнтований на забезпечення вихідних даних для управління й досягнення зазначених цілей. Очевидно, що головним фактором, який забезпечує досягнення поставленої мети, є зменшення ступеня антропогенного впливу на природні об'єкти. Виходячи з цього, необхідно забезпечити одержання даних щодо впливу на природні об'єкти, тобто забезпечити моніторинг впливу й, більше того, встановити причинно-наслідкові зв'язки між впливом на природні об'єкти та зміною їх стану. Так, наприклад, для інтегрованого управління водними ресурсами річкових басейнів необхідна ідентифікація цілей «спеціального» водокористування (питного й іншого видів водопостачання, рибальства, рекреації, навігації тощо) і цілей екологічного благополуччя річкових басейнів, ідентифікація антропогенних і природних

факторів, що впливають на водокористування та екологічний стан річкових басейнів. Кількісне вираження цілей управління визначається, наприклад, зменшенням забруднення вод і донних відкладів, поліпшенням показників стану біоти, а також зниженням шкідливого впливу (зниженням надходження забруднюючих речовин, зменшенням виснаження водних ресурсів тощо).

Одним із головних завдань інтегрованого управління є гармонізація часто суперечливих цілей щодо використання природних об'єктів як джерел природних ресурсів та середовища перебування людини і цілей збереження їхнього екологічного благополуччя, оскільки зростання інтенсивності використання природних ресурсів для забезпечення потреб людини веде до деградації природних об'єктів.

У 1993 році на конференції в Ріо-де-Жанейро була офіційно проголошена *концепція стійкого розвитку*, яка орієнтована на подолання протиріч між зростанням потреб суспільства у використанні природних ресурсів і необхідністю зупинки деградації природних об'єктів, поліпшення їхнього екологічного стану. Єдиний спосіб забезпечити для людства безпечне майбутнє – це вирішення проблем навколишнього середовища й економічного розвитку в комплексі та узгодженим чином, що дозволить задовольняти основні потреби людей, підвищувати рівень життя для всіх, і в той же час краще захищати й зберігати екологічні системи.

Концепція стійкого розвитку і стійкого природокористування стала однією з головних складових інтегрованого управління, що у свою чергу визначило нові вимоги до побудови систем моніторингу та до набору даних моніторингу щодо стану навколишнього природного середовища та впливу на нього.

За теперішнього часу не існує завершених, детально розроблених засобів з реалізації інтегрованого управління й концепції стійкого розвитку, однак результати практичної реалізації таких підходів, наприклад, до управління водними ресурсами басейну р. Рейну, показали їхню ефективність.

Ще одним важливим аспектом інтегрованого управління, що отримав в останні роки широке визнання та застосування, є концепція повного балансу

потоків речовин (кругообігу речовин) у природних і антропогенних середовищах. Практичне застосування такої концепції (замість концепції «контролю кінця труби») визначається необхідністю оцінки всієї сукупності видів впливу на природні об'єкти та окремі середовища в результаті антропогенної діяльності з урахуванням природних процесів. Так, наприклад, сукупний потік речовин у водний об'єкт (річковий басейн) включає речовини, що надходять зі стічними водами від дифузних джерел, з атмосфери, із підземних вод та донних відкладів. Під цей час сучасні системи моніторингу здійснюють тільки виміри обсягу, склад та властивості стічних вод, що, як правило, охоплює лише 5–15 % загального надходження забруднюючих речовин. Схема розрахунку повного балансу потоку речовин визначає необхідність сукупності розгляду підсистем природних середовищ (атмосфери, гідросфери, ґрунту тощо) і антропогенних об'єктів. Це є першим конструктивним кроком до міжсередової інтеграції даних моніторингу. Очевидно, що наявність повного балансу потоку речовин дозволяє обґрунтовано рангувати джерела шкідливого впливу на природні об'єкти, обґрунтовано приймати управлінські рішення щодо зниження такого впливу, однак розробка повних балансів передбачає виконання додаткових вимог до набору даних і синхронізації їхнього одержання в системах моніторингу стану різних середовищ та впливу на них.

Складність природно-техногенних систем як об'єктів моніторингу стану й моніторингу впливу визначила необхідність детального аналізу структури одержуваних даних з метою істотного зниження вартості створення й експлуатації систем моніторингу, незважаючи на те, що із сотні тисяч хімічних речовин, що знаходяться у переліку вироблених речовин, у країнах ЄС регулярно контролюється не більше ніж сорок. Звідси витікає необхідність реалізації чисто прагматичного підходу до формування необхідного набору даних, які отримують при здійсненні системи моніторингу. Такі дані мають бути орієнтовані тільки на рішення конкретних проблем, що виникають при природокористуванні, проблем екологічного благополуччя природного об'єкта

і використовуватись повною мірою для досягнення чітко сформульованих цілей управління.

Таким чином, необхідність реалізації інтегрованого підходу до управління станом навколишнього природного середовища визначила наступні вимоги до системи моніторингу.

1. Результати моніторингу мають забезпечити управління з метою досягнення цілей ефективного природокористування та цілей екологічного благополуччя природних об'єктів.

2. Сукупність даних має включати дані щодо стану природних об'єктів, дані щодо впливу на них для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між двома типами даних.

3. Дані відносно стану природного об'єкта мають включати інформацію щодо його абіотичної складової (наприклад фізико-хімічні властивості води, ґрунту тощо), а також дані стосовно біотичної складової (розмаїтість, чисельність флори і фауни та ін.).

4. Встановлення причинно-наслідкових зв'язків між «зовнішнім» впливом і станом природного об'єкта висуває нові вимоги до повноти та синхронізації даних відносно впливів на природні об'єкти, синхронізації даних щодо їхнього стану для різних взаємозалежних середовищ.

5. Реалізація принципів стійкого розвитку природокористування на національному та міжнародному рівнях визначає необхідність синхронізації даних стосовно стану населення, ступінь техногенного навантаження, даних щодо його вплив на природне середовище.

6. Високий рівень витрат на створення й експлуатацію систем моніторингу зумовив необхідність прагматичного підходу до визначення сукупності даних і програм моніторингу, який має бути орієнтований на рішення чітко поставлених першочергових завдань управління станом навколишнього природного середовища.

У контексті розвитку підходів до вдосконалення природоохоронної діяльності в цілому й створенню систем моніторингу, зокрема, в останні роки

розроблена досить загальна схема побудови систем моніторингу, де сформульовано уявлення щодо циклу, стратегії та програм моніторингу, класифікації об'єктів і показників, що вимірюються.

Під циклом моніторингу мається на увазі сукупність дій під час організації моніторингу, необхідних для забезпечення його кінцевої мети – управління станом навколишнього природного середовища. Цикл моніторингу включає кілька пунктів.

1. Визначення потреби в інформації.
2. Розробка стратегії моніторингу.
3. Розробка програм моніторингу, що повинна мати:
 - створення мережі моніторингу;
 - відбір проб;
 - здійснення лабораторних аналізів.
4. Управління даними, а саме:
 - одержання даних;
 - аналіз даних;
 - підготовка звітності;
 - використання даних для цілей управління.

Розглянемо далі зміст окремих елементів циклу моніторингу.

Визначення потреби в інформації. Передбачається, що цей етап є першим і найбільш істотним на шляху створення та функціонування системи моніторингу. Оскільки моніторинг застосовують для цілей управління й інформування громадськості, його головні завдання такі: характеристика стану природного об'єкта в порівнянні з нормативами (стандартами), що залежать від видів природокористування й бажаного екологічного стану; визначення антропогенного впливу та відповідності між рівнем антропогенного впливу й установленими на нього обмеженнями, а також тенденцій зміни стану природного об'єкта; раннє попередження про аварійні ситуації.

Як основні елементи потреби в інформації розглядаються наступні:

- визначення просторово-часового рівня системи моніторингу (глобальний, регіональний, басейновий, національний, трансграничний, локальний, короткостроковий, довгостроковий) для одного середовища або комплексу середовищ;

- встановлення переліку даних, виходячи із цілей управління станом навколишнього природного середовища і впливу на таке середовище, необхідних (бажаних) видів використання природного об'єкта, сформульованих проблем сьогодення та майбутнього, цільових показників стану природного об'єкта;

- оцінка можливостей використання отриманих даних суб'єктами, що приймають управлінські рішення із гарантією високого рівня ймовірності досягнення поставлених цілей (поліпшення стану природного середовища) та інформування громадськості;

- оцінка повноти використання сукупності даних, що збирають. Дані мають бути використані повною мірою, так щоб виключити випадки, коли є багато даних при недоліку інформації;

- поділ даних на дві групи: для використання у «звичайному» режимі функціонування та в аварійному із забезпеченням раннього попередження загрози аварійних ситуацій;

- визначення сукупної потреби в даних із вказівкою частоти їхнього надходження й бажаної точності.

Дані мають включати результати:

- фізико-хімічних аналізів абіотичної складової природного об'єкта (наприклад фізико-хімічний аналіз води, донних відкладів тощо);

- дослідження біотичної складової природних об'єктів (наприклад екотоксикологічної оцінки якості води, ґрунту тощо).

Одним із показників успішного використання даних є наявність стандартів або інших нормативів, що дозволяють дати оцінку стану природного об'єкта чи рівня впливу на нього в порівнянні з установленими стандартами. При цьому такі оцінки мають, як видно з вищенаведеного, подвійний характер: оцінка безпеки

використання природного об'єкта людиною й ступінь благополуччя екосистеми.

Потреби в даних повинні бути ранговані за ступенем важливості проблеми, що вирішується. Наприклад, для евтрофних водних об'єктів мають першорядне значення дані щодо вмісту й надходженню живильних речовин (азоту, фосфору).

Розробка стратегії моніторингу

При розробці стратегії моніторингу враховується наступне:

- облік фактора невизначеності, що виникає через нестачу даних вимірювань, неможливість проконтролювати десятки тисяч хімічних сполук при реальній можливості виміряти тільки десятки показників;
- інтеграція даних щодо стану природного об'єкта та впливу на нього для взаємоперевірки й підвищення надійності інформації;
- комплексне використання даних для посилення вірогідності висновку щодо причинно-наслідкових зв'язків, наприклад результатів фізико-хімічних та токсикологічних аналізів;
- вибір найбільш економічної стратегії, що дозволяє одержати аналогічні дані та висновки більш дешевим способом. Так, безперспективним є отримання результатів хімічних аналізів тисяч сполук із високою частотою вимірювань;
- необхідність реалізації трансграничного моніторингу, що визначає доцільність синхронізації програм, методик, обміну даними при здійсненні моніторингу у звичайному та в аварійному режимах;
- забезпечення умов доступу й використання даних для прийняття управлінських рішень та інформування громадських організацій;
- інвентаризація існуючої нормативної бази та забезпечення необхідною новою для функціонування систем моніторингу;
- чітке уявлення щодо потреби в інформації та можливості її забезпечення в найближчій і подальшій перспективі, виходячи з обмеження економічного й технічного характеру.

Розробка стратегії моніторингу повинна визначити конфігурацію та ступінь використання трьох типів моніторингу:

- поточного (звичайного) моніторингу, що включає програми вимірювань фіксованого набору показників із заданою частотою у певних пунктах та тривалому інтервалі часу функціонування;
- інвентаризаційного моніторингу, що служить для вироблення стратегії поточного моніторингу;
- вибіркового моніторингу, що служить для визначення специфічних показників з використанням сучасних методів.

Програми моніторингу. Програми моніторингу мають передбачати рішення наступних завдань:

- вибір показників, що вимірюються, на основі оцінки ймовірності їхньої присутності у природних середовищах і джерелах впливу на них, наявності надійних, економічних і технічно доступних методів вимірювання вибраних показників, можливості впливу на джерела надходження в природне середовище забруднень;
- визначення середовищ для організації моніторингу на підставі аналізу ступеня впливу, наявності цілей управління й аналізу стану природних об'єктів;
- встановлення місць і частоти відбору проб, що базується на репрезентативності даних для віддалених точок від місця відбору проб, динаміки зміни концентрацій та інших параметрів природної й антропогенної властивостей, точності вимірювання й статистичних вимог до похибки результатів;
- розробку способів відбору проб, виходячи із просторово-часових факторів і ризику забруднення природних об'єктів;
- визначення методів аналізу, виходячи з вимог до їх точності, надійності й чутливості;
- вибір методів зберігання й інтеграції даних, виходячи з вимог усіх типів користувачів, насамперед суб'єктів, які приймають управлінські рішення. Для

інтеграції даних повинні бути використані сучасні методи перевірки на їх вірогідність із вказівкою ступеня надійності;

- підготовка методів подання даних, виходячи з вимог повноти інформації, надійності, орієнтації на конкретного користувача.

Поряд із зазначеними вище вимогами системи раннього попередження аварійних ситуацій мають додаткові вимоги, а саме:

- надійність ідентифікації аварійних ситуацій, визначення аварійного забруднення природних об'єктів, що вимагає необхідності використання спеціальних методів аналізу;

- своєчасність і швидкість виявлення аварійних ситуацій, що потребують оперативних методів аналізу;

- швидкість обробки й подання даних про аварійну ситуацію для прийняття управлінських рішень, що визначає особливості методів обробки й подання даних.

Управління даними. Розробка системи управління даними передбачає здійснення етапів одержання даних, їх аналізу, підготовки звітності та використання даних.

Основні вимоги до управління даними такі:

- дані, які стають доступними для користувачів і заносяться до архіву, повинні бути офіційно погодженими;

- дані повинні аналізуватися, інтегруватися й конвертуватися відповідно до заздалегідь певних форм і методів аналізу;

- інформація повинна надаватися в різних форматах, залежно від вимог користувача;

- дані, які будуть використані, надалі необхідно зберігати, обмін даними повинен здійснюватися не тільки на рівні суб'єктів ведення моніторингу, але й на інших рівнях (міжнародному, рівні регіонів тощо).

Структура системи моніторингу

1. Система моніторингу містить моніторинг стану навколишнього

природного середовища й моніторинг впливу на нього.

2. Моніторинг стану навколишнього природного середовища містить моніторинг атмосфери, водних об'єктів, ґрунту і надр, рослинного і тваринного світу. Окрім того, за теперішнього часу істотний розвиток мають системи міжсередового моніторингу, що координує та інтегрує дані вимірювань різних середовищ.

3. Моніторинг стану навколишнього природного середовища включає оцінку абіотичної та біотичної складових.

4. Моніторинг впливу здійснюється в основному для точкових джерел забруднення – скидів стічних вод, викидів в атмосферу тощо.

Питання для самоконтролю

1. Що є головною метою функціонування системи моніторингу довкілля.
2. Як розуміти поняття «інтегроване управління навколишнього природного середовища»?
3. Дайте визначення поняття «стійкий розвиток».
4. Які вимоги необхідні для реалізації інтегрованого управління навколишнього природного середовища?
5. Які елементи включає цикл системи моніторингу?
6. Які чинники необхідно враховувати при розробці стратегії моніторингу?
7. Які завдання повинні передбачатись у програмах моніторингу?
8. Дайте перелік вимог до управління даними.
9. Розкрийте поняття «структура моніторингу».

2.2. Мета, завдання та принципи функціонування ДСМД в Україні

Система моніторингу навколишнього природного середовища в Україні здійснюється у відповідності до Положення Кабінету Міністрів України «Про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391.

Відповідно до зазначеного документа **державний моніторинг довкілля** – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження, аналізу й оцінки інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Метою здійснення програми державного моніторингу є забезпечення збереження якості різних компонентів навколишнього середовища у відповідності до встановлених нормативних вимог.

Основними **завданнями** системи державного моніторингу є:

- довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- оцінка впливу негативних змін навколишнього середовища на здоров'я людини ;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення інформацією про стан довкілля населення країни та міжнародні організації.

Основними **принципами** функціонування системи державного моніторингу довкілля є наступні.

1. Об'єктивність та достовірність результатів спостережень за станом різних компонентів навколишнього природного середовища.

Об'єктивність та достовірність результатів спостережень забезпечується шляхом використання атестованих методик та повірених засобів вимірювання складу та властивостей компонентів навколишнього природного середовища, виконання вимірювань в атестованих лабораторіях (ст. 10 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність»).

2. Систематичність спостережень за станом навколишнього природного середовища, джерелами і факторами впливу на нього.

Систематичність здійснення спостережень забезпечує отримання інформації, необхідної для встановлення тенденцій у зміні стану навколишнього природного середовища, розрахунків коротко- та довгострокових прогнозів і розробки управлінських рішень для поліпшення якості навколишнього природного середовища.

3. Зіставлення нормативного, методичного, метрологічного, технічного та програмного забезпечення здійснення моніторингу.

Для отримання зіставлених (від різних суб'єктів моніторингу) результатів спостереження необхідно використовувати нормативно-правові та методичні документи, що встановлюють одні й ті ж нормативні вимоги до складу і властивостей компонентів навколишнього природного середовища та методи і методики їх вимірювання. Для методик мають бути встановлені метрологічні характеристики (похибка вимірювання, збіжність і відтворюваність результатів).

Для обміну інформацією при взаємодії суб'єктів моніторингу необхідно використовувати прилади, пристрої, електронно-обчислювальну техніку, програмне та системне забезпечення, які мають технічні та інформаційні характеристики, що поєднуються.

4. Комплексність в оцінці стану навколишнього природного середовища або якості (складу та властивостей) будь-якого його компонента.

Для комплексної оцінки екологічного стану будь-якого регіону, території тощо необхідно отримати інформацію щодо стану різних абіотичних і біотичних складових.

Для комплексної оцінки якості будь-якого компонента довкілля необхідно використовувати основні групи показників його складу і властивостей: фізико-хімічні, біологічні, санітарно-бактеріологічні, радіологічні, токсикологічні.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення сучасного поняття «державний моніторинг довкілля».

2. Що є метою здійснення системи державного моніторингу довкілля України?
3. Назвіть основні завдання системи державного моніторингу довкілля України.
4. Перелічіть основні принципи здійснення системи державного моніторингу довкілля України.

2.3. Структурні елементи ДСМД

У відповідності до цілей, завдань та призначення моніторинг може бути трьох видів:

- загальний (стандартний);
- кризовий (оперативний);
- фоновий (науковий).

Загальний (стандартний) моніторинг – це оптимальні за кількістю параметрів систематичні спостереження на пунктах, які об'єднані в єдину інформаційно-технологічну мережу, що дає можливість на основі оцінки і прогнозування стану навколишнього природного середовища розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень на всіх рівнях.

При здійсненні цього виду моніторингу отримують важливу інформацію, необхідну для аналізу та оцінки реального стану навколишнього природного середовища. Отримані дані виконуються довгострокові прогнози розрахунки та обґрунтовується рішення щодо стабілізації та покращення стану навколишнього природного середовища.

За сучасним станом у підпорядкуванні Мінприроди України налічується понад 86 аналітичних лабораторій. Але більшість засобів виміральної техніки аналітичних лабораторій морально та фізично застаріли і потребують кардинального переоснащення системи. Ці заходи необхідно планувати з урахуванням сучасних вимог до функціонування ДСМД.

Кризовий (оперативний) моніторинг – це спостереження за спеціальними показниками (вміст нафтопродуктів при аварійних розливах, радіонуклідів при аваріях на АЕС та ін.) на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу на окремих об'єктах, джерелах підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначені як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації, ліквідації наслідків аварії, створення безпечних умов для здоров'я населення і функціонування наземних та водних екосистем.

У відповідності до визначення поняття кризового моніторингу він поділяється на моніторинг

- стихійних та небезпечних явищ,
- надзвичайних ситуацій.

До головних завдань кризового моніторингу віднесено:

- збір і аналітичне опрацювання інформації щодо надзвичайних ситуацій і видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- прогнозування й оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в матеріальних та фінансових ресурсах;
- оповіщення населення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне його інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи.

У зв'язку з тим, що кризовий моніторинг здійснюється в умовах, які характеризуються небезпечними наслідками для стану навколишнього природного середовища, його біотичної складової та здоров'я населення, необхідно більш детально розглянути особливості його організації та здійснення.

Кризовий моніторинг має забезпечувати спеціально уповноважені органи виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій відповідною інформацією,

необхідною для прийняття управлінських рішень щодо інженерного, медичного, біологічного, радіаційного та хімічного захисту населення, екосистем та об'єктів господарювання.

Кризовий моніторинг у зонах надзвичайної екологічної ситуації має здійснюватися за окремою програмою з метою:

- своєчасного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, запобігання та реагування на них відповідними центральними та місцевими органами виконавчої влади;
- створення та підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю;
- організації збирання, опрацювання і передавання інформації про стан навколишнього природного середовища, забруднення харчових продуктів, продовольчої сировини, фуражу та води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними агентами.

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації є:

- значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;
- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому середовищу внаслідок його надмірного забруднення, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;
- негативні зміни, що сталися в навколишньому середовищі на значній території та які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави;
- негативні зміни, що сталися в навколишньому середовищі, які суттєво обмежують або виключають можливість проживання населення і здійснення господарської діяльності на відповідній території;
- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі.

Нормативно-правовою основою кризового моніторингу в Україні є:

- Закон України від 8 червня 2000 р. № 1809-III «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998 р. № 1198 «Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру».

Фоновий (науковий) моніторинг – спостереження, що здійснюються у спеціально визначених природоохоронних зонах (природних і біосферних заповідниках, базових станціях тощо) з метою вивчення закономірностей розвитку, оцінки та прогнозування зміни стану екосистем; у віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності зонах; для одержання інформації з метою визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення навколишнього природного середовища певних територій в умовах антропогенного навантаження або такого, що здійснюється для наукового обґрунтування проектів будівництва та реконструкції господарських об'єктів і оптимізації їх функціонування.

Фоновий моніторинг здійснюється у природних і біосферних заповідниках, на інших територіях, які охороняються державою.

Інформацію, яку отримано при здійсненні фонового моніторингу, використовують як еталон для оцінки рівня забрудненості різних територій.

На цей час створено світову мережу станцій фонового моніторингу, на яких здійснюються спостереження за визначеними параметрами стану навколишнього природного середовища. Спостереження охоплюють усі типи екосистем: водні (морські та прісноводні) і наземні (лісові, степові, пустельні, високогірні). Ця робота проводиться під егідою ЮНЕП.

Станції комплексного фонового моніторингу України розташовано у біосферних заповідниках, вони є частиною глобальних міжнародних мереж спостереження.

Система моніторингу може здійснюватися на наступних рівнях.

Міждержавна система моніторингу здійснюється кількома державами (наприклад, контроль трансграничних переносів забруднюючих речовин).

Загальнодержавна (національна) система моніторингу реалізує завдання державного значення.

Регіональна система моніторингу реалізує завдання в межах адміністративно-територіального регіону, має бути пов'язана із загальнодержавною системою і включати елементи локальних систем.

Локальна система моніторингу функціонує у межах окремого району, міста, об'єкта та має бути пов'язана із загальнодержавною і регіональною системами моніторингу.

Відомча система моніторингу належить окремим суб'єктам моніторингу, вирішує специфічні для даного відомства завдання і входить складовою частиною до загальнодержавної системи моніторингу.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть види моніторингу відповідно до цілей його функціонування.
2. Дайте визначення поняття «загальний (стандартний) моніторинг».
3. Дайте визначення поняття «кризовий (оперативний) моніторинг» і назвіть мету, головні завдання та особливості його здійснення.
4. Визначить, які підстави необхідні для оголошення місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації.
5. Дайте визначення поняття «фоновий (науковий) моніторинг». Як використовують інформацію, одержану під час його проведення?
6. Назвіть ієрархічні рівні системи моніторингу довкілля.

2.4. Забезпечення здійснення ДСМД в Україні

Методичне забезпечення

Методичне забезпечення виконання спостережень має бути уніфікованим для усіх суб'єктів ДСМД. Базовою основою такого забезпечення повинні бути національні стандарти, що розроблені з урахуванням загальноєвропейських вимог. Методи та методики, які використовуються в системах спостережень ДСМД, повинні забезпечувати необхідний рівень достовірності результатів спостережень, що відповідає вимогам до інформаційного забезпечення користувачів.

Метрологічне забезпечення

Основна мета дій у сфері метрологічного забезпечення здійснення ДСМД полягає у досягненні єдності, необхідної точності та достовірності результатів спостережень. Шляхами досягнення цієї мети слід вважати:

- ретельний вибір методів та методик, їх стандартизацію, уніфікацію та атестацію для використання усіма суб'єктами ДСМД;
- розробку нових методичних підходів для забезпечення спостережень у відповідності до сучасних вимог;
- використання сучасних засобів виміральної техніки, що мають метрологічні характеристики високого рівня;
- забезпечення нормативними та методичними документами;
- застосування постійного внутрішнього та зовнішнього контролю за якістю результатів спостережень;
- підвищення рівня кваліфікації спеціалістів, які виконують спостереження.

Для цього необхідне поєднання зусиль відомчих метрологічних служб суб'єктів ДСМД, а також забезпечення постійного контролю за дотриманням метрологічних вимог Держспоживстандарту України та міжнародних вимог, у тому числі щодо атестації функціональних підрозділів, які здійснюють

спостереження, повірки засобів вимірювальної техніки, перевірки відповідності застосованих методик метрологічним вимогам до аналітичного процесу.

Забезпечення високого рівня виконання спостережень є необхідним елементом якості моніторингової інформації в цілому. Здійснення цієї мети відбувається у відповідності до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань в Україні, регулює суспільні відносини у сфері метрологічної діяльності.

Дані, отримані за результатами спостережень і звітностей, та інформація, отримана за результатами їх обробки й аналізу, складають основу інформаційних ресурсів ДСМД.

До формування інформаційних ресурсів залучаються усі суб'єкти ДСМД, а також наукові установи та організації, організації – природокористувачі (незалежно від форм власності). Дані спостережень також можуть подаватися недержавними установами та громадськими організаціями.

Технічне забезпечення (ТЗ)

Технічне забезпечення (ТЗ) ДСМД – це комплекс заходів, що підтримують функціонування системи у режимі подовженої експлуатації з метою досягнення необхідного результату.

ТЗ призначено для забезпечення безперебійного виконання спостережень за станом об'єктів навколишнього природного середовища (атмосфери, водних ресурсів, ґрунтів та ін.) з використанням засобів вимірювальної техніки, забезпечення передачі результатів вимірювань у центри відповідних рівнів ДСМД для наступної обробки, оцінки стану навколишнього природного середовища та прогнозування його змін на довгострокову перспективу.

Технічне забезпечення визначає загальний рівень здійснення спостережень, тому необхідне створення системного підходу щодо постійного його вдосконалення. Цьому сприятиме впровадження системи аналізу технічного забезпечення і стану засобів вимірювальної техніки, що використовується у мережах спостережень ДСМД та їх постійне вдосконалення.

Основні напрямки вдосконалення технічного забезпечення:

- послідовне оновлення парку засобів вимірювальної техніки та обладнання лабораторій у відповідності до сучасних загальноєвропейських вимог;

- впровадження багатофункціональних приладів;
- уніфікація парку засобів вимірювальної техніки;
- впровадження автоматизованих постів спостережень;
- впровадження засобів дистанційного зондування та тощо.

Програмне забезпечення

Програми спостережень за станом об'єктів довкілля та факторів впливу на нього – це складові програм моніторингу і включають визначення організацій, що відповідають за виконання спостережень; перелік об'єктів та пунктів, що увійшли до відповідної мережі спостережень; перелік показників, що спостерігаються, вказівки щодо періодичності та термінів виконання спостережень; строки та форми надання даних до центрів збору, обробки та аналізу інформації.

Періодичність виконання спостережень встановлюється для кожного об'єкту або пункту, що включені до програми спостережень, і залежить від інформаційного рівня та призначення мережі спостережень, пріоритетності показників тощо.

Організаційне забезпечення

Для виконання функції збору, збереження обробки й аналізу даних та підготовки необхідної інформації на їх основі мають діяти відповідні структурні підрозділи. З метою підвищення функціональної та економічної ефективності інформаційного забезпечення впроваджується принцип багаторівневості. Тому такими функціональними структурними підрозділами ДСМД мають бути:

- на загальнодержавному рівні – Державний інформаційно-аналітичний центр моніторингу навколишнього природного середовища;

- на регіональному рівні – регіональні центри моніторингу навколишнього природного середовища;
- у регіонах, де виділяються певні території з підвищеним рівнем антропогенного впливу на довкілля і діють локальні мережі спостережень ДСМД, можуть бути створені локальні центри моніторингу навколишнього природного середовища;
- на відомчому рівні – відомчі структурні підрозділи;
- при здійсненні програм моніторингу спеціального призначення (кризовий, транскордонний, радіаційний, науковий та ін.) можуть створюватися тематичні центри моніторингу з особливим статусом і бути постійно діючими або діяти певний період.

З метою забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів необхідне створення та забезпечення функціонування єдиної автоматизованої системи збору, обробки, аналізу і збереження даних та інформації, що отримана на їх основі. Функціонування цієї системи має базуватися на таких принципах:

- уніфікації технічного та програмного забезпечення;
- об'єднання інформаційних систем окремих напрямків, видів моніторингу для комплексної оцінки інформації;
- впровадження передових інформаційних та інформаційно-аналітичних технологій;
- впровадження єдиних уніфікованих форм подання даних і форм збереження даних та інформації (баз даних та інформаційних банків).

Центри моніторингу є відповідальними за визначення інформаційних потреб користувачів, розробку і вдосконалення програм спостереження певного рівня та доведення положень цих програм до організацій, що є виконавцями.

Відповідність за достовірність даних, що надаються і включаються до інформаційних ресурсів ДСМД, покладається, згідно з чинним законодавством, на певних посадових осіб організацій, що їх надають. З метою підвищення якості інформаційних ресурсів ДСМД центри моніторингу повинні в процесі

обробки та аналізу даних проводити їх експертну оцінку на достовірність, а в разі необхідності і перевірку (валідацію даних).

Для збереження та подальшої роботи з даними моніторингу необхідно створювати розподілені бази даних та комплексні банки інформаційних ресурсів. Банки інформаційних ресурсів мають функціонувати за рівневим принципом розроблення завдань і забезпечувати інформаційне наповнення відповідних баз та банків вищого рівня.

Функціональним продовженням створення інформаційних ресурсів ДСМД є аналіз та оцінка інформації про стан навколишнього природного середовища та вплив чинників на нього, а також прогнозування змін і підготовка управлінських рішень. Ці функції також покладаються на центри моніторингу і полягають у вирішенні наступних завдань:

- попередня оцінка інформації для оперативного реагування органів державного управління і виконавчої влади на небезпечні зміни у стані довкілля;
- комплексна оцінка екологічного стану території, об'єктів, впливу на них окремих чинників забруднення, ефективності використання заходів, що спрямовані на поліпшення стану навколишнього природного середовища з використанням ГІС-технологій (ГІС – геоінформаційна система);
- діагностика та визначення рівня ризику виникнення екологічно небезпечних ситуацій техногенного та природного характеру;
- оцінка існуючого ризику для життєдіяльності населення і функціонування екосистем;
- екологічне районування територій на основі комплексної оцінки стану навколишнього природного середовища та оцінки екологічного ризику на основі геоінформаційних технологій;
- створення моделей існуючого та прогнозного стану довкілля;
- створення моделей заходів щодо поліпшення екологічного стану для управлінських рішень.

Основними напрямками використання інформації, отриманої в результаті здійснення державної системи моніторингу довкілля, мають бути:

- забезпечення прав населення України на отримання інформації про стан довкілля у відповідності до Конституції України та міжнародних конвенцій;
- оперативне задоволення інформаційних потреб центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій та громадян у наданні відомостей про стан довкілля для прийняття управлінських рішень щодо дотримання вимог екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування;
- інформаційне забезпечення відповідних національних органів, до компетенції яких відноситься виконання зобов'язань України за міждержавними угодами;
- прогнозування за результатами комплексних спостережень можливих змін стану в екосистемах, включаючи оцінку ризику;
- прогнозування медико-біологічних та соціальних наслідків екологічної діяльності у поєднанні з соціальними факторами;
- створення багатофакторних моделей економіко-екологічного безпечного розвитку;
- популяризація екологічних знань шляхом розширення використання можливостей засобів масової інформації (створення спеціальних теле- та радіопрограм, видання відповідної літератури, інформаційних каналів інтернету), доведення інформації про стан довкілля України до населення та світової спільноти;
- використання моніторингової інформації для підготовки національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні, звітів про виконання міжнародних та міждержавних угод;
- створення спільних систем транскордонного моніторингу для задоволення інформаційних потреб систем міжнародного управління.

Наукове забезпечення

Наукове забезпечення включає розвиток фундаментальних досліджень і прикладних наукових робіт у галузі моніторингу навколишнього природного середовища та наукову підтримку здійснення моніторингу.

Основними напрямками наукових досліджень у галузі моніторингу мають бути теоретичне обґрунтування та розробка оптимальних схем побудови і вдосконалення функціонування мереж спостережень, прикладання методів математичної обробки результатів спостережень, удосконалення існуючих і пошук нових методів оцінки та прогнозування стану довкілля, освоєння перспективних методів здійснення спостережень, у тому числі методів дистанційного зондування Землі та їх використання у сфері моніторингу, створення типових програмно-технічних комплексів систем моніторингу різних рівнів з застосуванням ГІС-технологій та типових структур банків даних моніторингової інформації, здійснення поглиблених досліджень окремих об'єктів довкілля, обґрунтування якісних та кількісних параметрів спостережень, оцінка результатів довгострокових спостережень, розробка алгоритмів оцінки ризику, створення базових моделей управлінських рішень тощо.

Нормативно-правове забезпечення. Перелік основних нормативно-правових документів, які використовуються для організації і проведення ДСМД в Україні

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.91 р № 1264 – XII, стаття 22 «Моніторинг навколишнього природного середовища».
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30.03.98 р № 391.
- Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. Утв. замминистра здравоохранения СССР от 04.07.1988 г. № 4630 – 88.
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия

(ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд. ВНИРО, 1999. – 304 с.

- Перелік методик виконання вимірювань (визначень) складу та властивостей проб об'єктів довкілля, викидів, відходів і скидів, тимчасово допущених до використання Мінекоресурсів України. Затверджено наказом Мінекоресурсів України від 03.11.2003 № 98.

- КНД 211.0.1.101-02. Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних спостережень за станом довкілля.

Питання для самоконтролю

1. Розкрийте сутність методичного та метрологічного забезпечення функціонування державної системи моніторингу довкілля в Україні.
2. Які особливості технічного, програмного та організаційного забезпечення державної системи моніторингу довкілля в Україні можна назвати?
3. Дайте перелік основних напрямів наукового забезпечення державної системи моніторингу довкілля в Україні.
4. Які основні нормативно-правові документи регламентують організацію і проведення державної системи моніторингу довкілля в Україні.

2.5. Недоліки у функціонуванні ДСМД в Україні

Підхід до вдосконалення ведення моніторингу навколишнього природного середовища має бути комплексним і потребує інтеграції зусиль усіх суб'єктів ДСМД.

Необхідність модернізації та розвитку системи ДСМД в Україні пов'язано з новим зовнішньополітичним курсом українського уряду, який спрямовано на європейську інтеграцію. У 1998–2003 роках Європейською економічною комісією ООН було проведено огляд результативності природоохоронної діяльності в Україні та розроблено рекомендації щодо подальшого її

вдосконалення. Свідченням актуальності цих проблем і довіри до України, як рівноправного партнера європейського екологічного процесу, стало проведення у травні 2003 року в м. Києві Європейської конференції міністрів «Довкілля для Європи». За результатами роботи конференції було наголошено на необхідності проведення більш рішучої, наполегливої і послідовної екологічної політики, спрямованої на підвищення рівня екологічної безпеки в європейському регіоні, мінімізації наслідків кризових ситуацій та створення сприятливих умов для стійкого розвитку суспільства.

Неефективне функціонування державної системи моніторингу в Україні на сьогоднішній день обумовлено низьким рівнем уніфікації нормативно-методичної бази, технічного забезпечення та взаємодії суб'єктів моніторингу, а також недостатнім об'ємом фінансування робіт.

Основними недоліками, які обумовлюють низьку ефективність функціонування системи моніторингу, є:

- відсутність єдиної стратегії комплексного розвитку державної системи моніторингу;
- відсутність єдиної системи спостережень;
- недосконалість принципів централізованого управління;
- застаріле технічне та методичне забезпечення спостережень;
- відсутність сучасного технічного оснащення центрів системи моніторингу в більшості регіонів;
- недостатній розвиток методів системного підходу до технічної експлуатації систем, у тому числі з питань оптимального підбору засобів вимірювальної техніки (ЗВТ);
- значне різноманіття елементної бази;
- недостатній рівень стандартизації та уніфікації ЗВТ;
- відсутність єдиного підходу до метрологічного та методичного забезпечення;
- відсутність системи автоматизованого збору, аналізу й обробки інформації;

- неузгодженість окремих елементів інформаційних технологій, які використовуються суб'єктами системи моніторингу;
- неповна відповідність технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу сучасним вимогам.

Участь України в міжнародних програмах

Метою послідовного розвитку міжнародного співробітництва України у сфері моніторингу довкілля є:

- підвищення рівня інформаційного забезпечення екологічного управління в Україні відповідно до вимог, прийнятих в європейських країнах; впровадження провідного досвіду, технологій та обладнання при здійсненні ДСМД України;
- виконання зобов'язань, що виходять з міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угод України та ґрунтуються на взаємопов'язаних інтересах країн-сусідів щодо збереження здорового і безпечного для діяльності населення довкілля, зменшення ризиків від аварій і стихійних лих тощо;
- забезпечення національних інтересів України як щодо екологічної безпеки в цілому, так і в умовах виникнення спірних питань, пов'язаних із негативним транскордонним впливом, у тому числі з боку України;
- отримання та використання технічної допомоги від міжнародних організацій та країн-донорів для вдосконалення ДСМД України.

Розвиток міжнародного співробітництва у сфері моніторингу навколишнього природного середовища здійснюється відповідно до міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угод. Україна бере участь у понад 70 міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угодах, пов'язаних з охороною довкілля, основними з яких є:

- Рамкова конвенція ООН про зміну клімату;
- Конвенція Всесвітньої метеорологічної організації;
- Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані;

- Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті;
- Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднюючі речовини;
- Конвенція про біологічне різноманіття;
- Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків і міжнародних озер;
- Конвенція про захист Чорного моря від забруднення;
- Орхуська конвенція про доступ громадськості до інформації, участі в прийнятті рішень і доступі до правосуддя з питань, які відносяться до навколишнього середовища;
- Міжнародна Спільна Програма оцінки та моніторингу впливу забруднення повітря на ліси в Європі (ISP FORESTS);
- Угода держав-учасниць СНД про взаємодію в галузі екології і охорони навколишнього природного середовища;
- Угода між Урядом України і Урядом Російської Федерації про спільне використання і охорону транскордонних водних об'єктів;
- Угода між Кабінетом Міністрів України і Урядом Республіки Беларусь про спільне використання та охорону транскордонних вод.

Поряд з виконанням зобов'язань України, що випливають із багатосторонніх договорів у галузі охорони довкілля, у перспективному плані важливого значення набуває подальше розширення міжнародного співробітництва за такими напрямками:

- співробітництво з міжнародними організаціями системи ООН у галузі охорони довкілля (ЮНЕП, ЄЕК, ООН, ПРООН, МАГАТЕ, Глобальний екологічний фонд та інші);
- співробітництво на двосторонній основі в галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів і ядерної та радіаційної безпеки з урядами сусідніх держав, держав – стратегічних партнерів та донорів у рамках двосторонніх угод, спільних програм тощо.

2.6. Об'єкти та суб'єкти моніторингу

Об'єкти моніторингу можна поєднати в такі три основні групи:

- навколишнє природне середовище;
- біота, населення;
- джерела та фактори антропогенного впливу.

Навколишнє природне середовище:

- атмосфера (атмосферне повітря, опади, озоновий шар);
- гідросфера (поверхневі води суходолу, підземні та морські води);
- літосфера (грунти та підґрунтя, земний покрив, включаючи ландшафти, урбанізовані території, звалища тощо, геологічне середовище).

Біота. Об'єктами моніторингу є організми аеробіосфери (приземного шару атмосфери від поверхні землі до 6–7 км над нею), наземні істоти – террабіонти (комахи, птахи, ссавці, рептилії, амфібії), організми фітосфери (поверхневого шару над суходолом – до 150 м, ґрунти і підґрунтя, де умови середовища у значній мірі визначаються зеленою рослинністю), педобіонти – організми, що проживають у верхніх шарах літосфери (до 2–3, максимум до 6 км глибиною), а також гідробіонти – організми, що проживають у водному середовищі: фітопланктон, зоопланктон, нектон (риби, кальмари, ссавці), бентос (організми, що проживають на дні водойм), перифітон (обростання). Повинні здійснюватися виміри параметрів стану біоти і функціональні зміни організмів, обумовлені забрудненням середовища їх проживання.

Населення. Моніторингу підлягає стан здоров'я населення і функціональні зміни людського організму, обумовлені забрудненням компонентів довкілля.

Джерела і фактори антропогенного впливу. Об'єктами моніторингу є всі основні види джерел і факторів шкідливого впливу на стан навколишнього природного середовища. У першу чергу до них відносяться скиди забруднених стічних вод у водні об'єкти, що містять екологічно небезпечні речовини (важкі метали, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти та ін.); викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря (оксиди вуглецю, азоту, сірки,

бенз(а)пірен, вуглеводні та ін.); промислові та побутові відходи; поверхневий стік з території міст, проммайданчиків, сільськогосподарських угідь та ін.

Параметри впливів повинні характеризувати всі види забруднення та засмічення: механічне, фізико-хімічне, біологічне, теплове, акустичне, електричні поля, електромагнітні випромінювання та іонізуючу радіацію, а також виснаження природних ресурсів (водних, земельних, рослинних, лісових, тваринного світу, мінеральних вод).

Суб'єктами моніторингу є організації та установи, які здійснюють будь-які функції, що пов'язані з виконанням програм моніторингу на різних рівнях.

У таблиці 2.1 наведено перелік суб'єктів моніторингу та їх функції і повноваження відповідно до «Положення про державну систему моніторингу довкілля» (постанова КМУ від 30.03.98 № 391).

Таблиця 2.1 Суб'єкти та об'єкти моніторингу в системі ДСМД в Україні

№	Суб'єкт моніторингу	Об'єкт моніторингу
1.	Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (Мінприроди)	Джерела промислових викидів (вміст забруднюючих речовин (далі ЗР), у т. ч. радіонуклідів); джерела скидів стічних вод (вміст ЗР, у т. ч. радіонуклідів); поверхневі води (вміст ЗР, у т. ч. радіонуклідів); грунти різного призначення (залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів, природна та штучна радіоактивність); наземні та морські екосистеми (фонова концентрація ЗР, у т. ч. радіонуклідів, умови існування біотопів); звалища промислових та побутових відходів.
2.	Міністерство надзвичайних ситуацій (МНС)	Атмосферне повітря та опади (вміст ЗР, у т. ч. радіонуклідів, трансграничний розподіл ЗР); річні, озерні та морські води (гідрохімічні та гідробіологічні показники, вміст ЗР, у т. ч. радіонуклідів); грунти (вміст ЗР, у т. ч. радіонуклідів); радіаційна обстановка (на пунктах стаціонарної мережі та за

№	Суб'єкт моніторингу	Об'єкт моніторингу
		результатами огляду); стихійні та небезпечні природні явища (повені, паводки, снігові лавини, селі тощо).
3.	Міністерство охорони здоров'я України (МОЗ)	Атмосферне повітря (вміст шкідливих хімічних речовин); поверхневі води суходолу та питна вода (хімічне, радіологічне, вірусологічне, бактеріологічне визначення); морські води (хімічне, радіологічне, вірусологічне, бактеріологічне визначення); грунти (вміст пестицидів, важких металів, бактеріологічні, вірусологічні визначення, наявність яєць гельмінтів); фізичні фактори (шум, електромагнітні поля, радіація, вібрація тощо).
4.	Міністерство агропромислової політики (Мінагро-політики)	Ґрунти сільськогосподарського використання (радіологічні, агрохімічні і токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів); поверхневі води сільськогосподарського призначення (радіологічні і токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів); сільськогосподарські рослини та продукти з них (радіологічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів); сільськогосподарські тварини та продукти з них (радіологічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів).
5.	Державний комітет лісового господарства (Держкомлісгосп)	Ґрунти земель лісового фонду (радіологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів, важких металів); лісова рослинність (пошкодження біотичними та абіотичними факторами); біомаса, біорізноманіття (радіологічне визначення, вміст ЗР); мисливська фауна (видові, кількісні та просторові характеристики, радіологічні визначення).

№	Суб'єкт моніторингу	Об'єкт моніторингу
6.	Державний комітет з водного господарства (Держводгосп)	Річки, водосховища, канали, зрошувальні системи та водойми у зонах впливу АЕС (вміст радіоактивних речовин); поверхневі води у прикордонних зонах і місцях їх інтенсивного промислового використання (вміст ЗР); меліоровані землі (глибина залягання та мінералізація підземних вод, ступінь засоленості та солонцюватості ґрунтів); прибережні зони водосховищ (переформування берегів та підтоплення території).
7.	Державний комітет земельних ресурсів (Держкомзем)	Ґрунти та ландшафти (вміст ЗР, прояв ерозійних та інших екзогенних процесів, просторове забруднення земель об'єктами промислового та сільськогосподарського виробництва); меліоровані землі (вторинне підтоплення і засолення тощо); рослинний покрив земель (видовий склад, показники розвитку і пошкодження рослин); берегові лінії річок, морів, озер, водосховищ та ін. (динаміка змін, нанесення шкоди земельним ресурсам).
8.	Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики (Держбуд)	Підземні води (небезпечне підняття рівня ґрунтових вод); питна вода централізованих систем водопостачання (вміст ЗР, об'єми споживання); стічні води міської каналізаційної мережі та очисних споруд (вміст ЗР, об'єми надходження); зелені насадження у містах та селищах міського типу (ступінь пошкодження ентомошкідниками, фітохворобами тощо).

Відносини між суб'єктами системи моніторингу базуються на взаємній інформаційній підтримці рішень у галузі охорони навколишнього середовища, використанні природних ресурсів та екологічної безпеки, координації, плануванні, організації та проведенні загальних заходів екологічного моніторингу; на ефективному використанні організаційних структур, засобів спостережень за об'єктами навколишнього середовища та комп'ютеризації процесів діяльності, на сприянні найбільш ефективному

вирішенню загальних задач моніторингу та екологічної безпеки, відповідальності за повноту, своєчасність та достовірність інформації, на колективному використанні інформаційних ресурсів та засобів комунікації при інформаційному обміні.

Суб'єкти моніторингу

- забезпечують удосконалення підпорядкованих їм мереж спостереження за станом навколишнього середовища;
- уніфікують методики спостережень та лабораторних аналізів, приладів та систем контролю;
- здійснюють створення банків даних для їх багатоцільового колективного використання за допомогою єдиної комп'ютерної мережі, яка забезпечує автономне та загальне функціонування складових цієї системи;
- здійснюють взаємозв'язок з іншими інформаційними системами, що діють в Україні та за її межами.

Підприємства, установи, незалежно від їх підпорядкування і форм власності, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього середовища, зобов'язані здійснювати екологічний контроль за виробничими процесами та станом промислових зон, здійснювати збір, збереження та безкоштовно надавати дані і/або узагальнену інформацію для її комплексної обробки.

Для координації дій суб'єктів моніторингу, розгляду питань, що пов'язані з проведенням моніторингу на державному і регіональному рівнях в Україні Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2001 року № 1551 «Положення про міжвідомчу комісію з питань моніторингу навколишнього середовища» була створена міжвідомча комісія, основними завданнями якої є:

- участь у визначенні основних положень державної політики з питань створення і функціонування системи моніторингу;
- здійснення заходів відносно створення і функціонування системи моніторингу на основі структур суб'єктів системи моніторингу з використанням

єдиного нормативного, методологічного і метрологічного забезпечення, уніфікованих технічних компонентів;

- координація дій суб'єктів системи моніторингу відносно удосконалення мереж спостережень за станом навколишнього середовища, уніфікації методик спостережень, лабораторного аналізу, приладів і систем контролю, створення баз та банків даних, єдиної комп'ютерної мережі, регламенту та форм передачі інформації, зв'язку з іншими інформаційними системами в Україні та за її межами;

- організація роботи з проведення експертизи щодо відповідності державним стандартам і технічним вимогам технічних завдань на інфраструктуру, системоутворюючі та уніфіковані технічні компоненти, приладну базу та ін.

2.7. Моніторинг атмосферного повітря

Забруднення атмосферного повітря може викликати велике різноманіття проблем, включаючи корозію, ерозію, неприємні запахи, наносити шкоду рослинам і тваринам, зерновим культурам, негативно впливати на здоров'я людини.

Загальний ефект впливу джерел повітряного забруднення на навколишнє середовище залежить від характеру та терміну дії речовин, що забруднюють атмосферне повітря, виникнення хімічних перетворень при викиді забруднюючих речовин, а також від метеорологічних факторів. Для здійснення заходів щодо поліпшення якості атмосферного повітря та визначення шляхів захисту здоров'я населення і навколишнього середовища, необхідно виявити, якими забруднюючими речовинами було забруднено атмосферне повітря і до якої концентрації вони мають бути знижені.

Набір речовин, що забруднюють повітря, дуже широкий: це газоподібні неорганічні речовини (SO_2 , H_2S , NO_2 , Cl_2CO , SiF_4); мінеральні кислоти (HCl , HF , H_2SO_4 , HNO_3); радіонукліди (стронцій-90, цезій-137, йод-129, плутоній-240, америцій-241); органічні речовини (альдегіди, ефіри, вуглеводні, кетони,

феноли, крезолі тощо); речовини із сильним запахом (наприклад меркаптани й аміни); поліциклічні вуглеводні (наприклад 3,4-бенз(а)пірен, 1,2-бенз(а)пірен) та суміші речовин (сажа, летюча зола, вуглецевий пил, цементний пил, збагачений оксидами металів, свинцем, арсеном).

До числа найбільш небезпечних забруднюючих атмосферне повітря речовин, які контролюються у більшості країн, віднесено наступні: пил, SO₂, NO₂, CO, свинець, формальдегід, бенз(а)пірен, озон, двооксид сірки, двооксид азоту, оксид вуглецю, формальдегід. Під час проведення моніторингу атмосферного повітря в обов'язковому порядку визначається наявність в атмосферному повітрі загальнопоширених забруднюючих речовин, показників та інгредієнтів атмосферних опадів, зазначених у списку А (таблиця 2.2). За рішенням місцевих органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування, з урахуванням екологічної ситуації в регіоні, може додатково визначатися наявність в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, зазначених у списку Б.

На сьогоднішній день в Україні розроблено нормативи для майже 600 хімічних речовин, що забруднюють атмосферне повітря.

Для основних забруднюючих речовин та сполук існують методи контролю, розроблені нормативи – гранично допустимі концентрації (ГДК) для двох періодів усереднення: середньодобові за 24 години та максимально разові за 20 хвилин. У більшості країн також використовується середньорічна концентрація, що регламентується стандартами міжнародних організацій, але в Україні саме цього нормативу немає.

Таблиця 2.2 Основні забруднюючі речовини атмосферного повітря

Список А – загальнопоширені забруднюючі речовини в атмосферному повітрі, показники та інгредієнти атмосферних опадів			
	Забруднюючі речовини в атмосферному повітрі		Показники та інгредієнти атмосферних опадів
1.	Пил	1.	Сульфати
2.	Двооксид сірки	2.	Хлориди
3.	Оксид вуглецю	3.	Азот амонійний
4.	Двооксид азоту	4.	Нітрати
5.	Свинець та його неорганічні сполуки	5.	Гідрокарбонати
6.	Бенз(а)пірен	6.	Натрія сполуки
7.	Формальдегід	7.	Калія сполуки
8.	Радіоактивні речовини	8.	Кальція сполуки
		9.	Магнія сполуки
		10.	pH
Список Б – забруднюючі речовини, моніторинг яких проводиться на регіональному (локальному) рівні			
1.	Аміак	16.	Озон
2.	Анілін	17.	Оксид азоту
3.	Бензол	18.	Ртуть та її сполуки
4.	Водень хлористий	19.	Сажа
5.	Водень ціаністий	20.	Сірководень
6.	Етилбензол	21.	Сірковуглець
7.	Залізо та його сполуки	22.	Толуол
8.	Кадмій та його сполуки	23.	Фенол
9.	Кислота азотна	24.	Фтористий водень
10.	Кислота сірчана	25.	Хлор
11.	Ксилол	26.	Хлоранілін
12.	Марганець та його сполуки	27.	Хром та його сполуки
13.	Мідь та її сполуки	28.	Цинк та його сполуки
14.	Миш'як та його сполуки	29.	Радіоактивні речовини
15.	Нікель та його сполуки		

Для нормування забруднюючих атмосферне повітря речовин використовується гранично допустимі концентрації (ГДК) та гранично допустимі викиди (ГДВ). Для більшості забруднюючих атмосферне повітря речовин встановлені класи небезпеки. Для деяких речовин ГДК не встановлені, а є лише орієнтовно безпечні рівні викиду (ОБРВ).

З метою отримання інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки і прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря в системі ДСМД проводиться *моніторинг атмосферного повітря*.

До об'єктів державного моніторингу належать атмосферне повітря, атмосферні опади, викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Функції суб'єктів моніторингу атмосферного повітря здійснюють:

- Міністерство охорони навколишнього природного середовища України та його регіональні структури (атмосферне повітря та опади, джерела промислових викидів у атмосферу);
- Міністерство надзвичайних ситуацій та його регіональні структури (атмосферне повітря, джерела викидів в атмосферу в зонах радіоактивного забруднення);
- Державна санітарно-епідеміологічна служба (атмосферне повітря у місцях проживання та відпочинку населення);
- підприємства, організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря.

У результаті проведення моніторингу атмосферного повітря отримують

- дані спостережень за станом атмосферного повітря;
- дані щодо об'ємів та складу викидів забруднюючих речовин;
- узагальнені дані щодо рівня забруднення на відповідній території за відповідний проміжок часу;
- дані щодо оцінки ступеня небезпеки забруднення атмосферного повітря для навколишнього природного середовища та життєдіяльності населення.

Міністерство навколишнього природного середовища України та його органи на місцях разом з іншими суб'єктами моніторингу атмосферного повітря щорічно узагальнюють дані спостережень щодо кількісного та якісного складу викидів забруднюючих речовин і стану забруднення атмосферного повітря, а також здійснюють прогноз його змін та впливу на довкілля і стан здоров'я населення. Узагальнені дані надаються відповідним органам виконавчої влади або органам місцевого самоврядування для прийняття рішень, пов'язаних із запобіганням негативним змінам у складі атмосферного повітря.

У разі виникнення надзвичайної ситуації інформація про це повинна негайно передаватися суб'єктам моніторингу атмосферного повітря, органам виконавчої влади або органам місцевого самоврядування разом із пропозиціями щодо вжиття необхідних заходів для ліквідації наслідків аварії, катастрофи, стихійного лиха.

У галузі моніторингу атмосферного повітря в Україні прийнято ряд *нормативно-правових документів*, серед яких основними є наступні:

- Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.92., стаття 43 «Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря»;
- Постанова КМУ «Про затвердження порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» від 09.03.99 р. № 343;
- Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201;
- РД 2.04.186-86 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

РД 2.04.186-86 регламентує організацію та проведення спостережень у містах, на регіональному та фоновому рівнях на території країни, методики хімічного аналізу концентрацій шкідливих речовин в атмосфері, методи збору, обробки та статистичного аналізу результатів спостережень. Керівництво обов'язкове для використання організаціями, які здійснюють спостереження за

станом забруднення атмосфери, проводять аналізи проб повітря, атмосферних опадів і снігового покриву для визначення вмісту в них шкідливих речовин.

У зазначеному «Керівництві» детально викладено основні правила з організації проведення моніторингу (вибір місць розміщення і кількості постів спостережень, програми робіт, проведення вимірювань), аналізу відібраних проб повітря, атмосферних опадів, снігового покриву, збору, обробки, статистичного аналізу і надання інформації зацікавленим організаціям.

Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря передбачають нормування шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, що надходять у результаті антропогенної діяльності. Цей документ встановлює максимальні разові, середньодобові ГДК речовин та клас їх небезпеки. У документі наведено найбільш небезпечні речовини, що забруднюють атмосферне повітря, та речовини, для яких при сумісній присутності в атмосферному повітрі встановлено ефект сумачії біологічної дії (додаток А).

2.8. Моніторинг вод

Вода – це найважливіше природне джерело для задоволення питних, рекреаційних та інших потреб людини. З того часу, як людина стала вести осілий спосіб життя, вона оселилася на берегах річок і почала використовувати воду для задоволення своїх найрізноманітніших потреб та для господарської діяльності.

Ніякий інший природний ресурс не впливає на добробут людини більше, ніж забезпечення водою в необхідній кількості та якості.

Отже існує нагальна необхідність правильно управляти якістю всіх типів вод, а ефективний моніторинг – сутність цього управління. Одне з найбільш важливих завдань – розроблення програми для моніторингу і контролю якості води на національному, регіональному і міжнародному рівнях, збору інформації щодо факторів, які негативно впливають на стан водних об'єктів, для

об'єктивної оцінки якості вод з урахуванням вимог для різних видів водокористування.

Нижче наведено основні терміни та їх визначення, які Водною рамковою директивою ЄС 2000/60/ЕС рекомендовано використовувати при здійсненні водоохоронної діяльності.

Води є основою і важливою умовою формування видового різноманіття в межах різних морфологічних одиниць. Під час використання вод і проведення водоохоронних заходів слід звертати увагу на необхідність збереження та розвитку біологічного потенціалу вод та їх різноманіття в межах ландшафту, до якого вони належать.

У культурних ландшафтах усі типи вод так чи інакше зазнали впливу наслідків господарської діяльності людини. Разом зі зміною вод відбулися зміни угруповань живих організмів, що їх населяють чи живуть біля води. Під час використання вод та проведенні заходів з їх збереження необхідно враховувати ці екологічні аспекти.

Спостереження за станом водного об'єкту здійснюється відповідно до загального переліку показників, до якого входять показники, що характеризують кількість водних ресурсів та їх зміни, якість вод і нормативів екологічної безпеки водокористування, екологічній норматив та категорію якості води водних об'єктів тощо. Основні показники якості води, які використовуються при здійсненні моніторингу вод, наведено у таблиці 2.3.

У галузі охорони вод у залежності від виду водокористування встановлено два види нормативів: ГДК забруднюючих речовин для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування та ГДК забруднюючих речовин для води водних об'єктів господарсько-питного та культурно побутового водокористування.

Врахування екологічних аспектів при використанні та охороні вод означає послідовне проведення усіх водоохоронних заходів, які приймають до уваги питання захисту природи та інтересів суспільства.

Таблиця 2.3 Показники гідрохімічного та токсикологічного забруднення

Фізичні показники якості води	Загально-санітарні показники якості води	Специфічні показники якості води
Температура, °C	pH	Феноли, мг/дм ³
Запах, бали	Розчинний кисень, мг/дм ³	Нафтопродукти, мг/дм ³
Прозорість, см	ХСК, мгО/дм ³	Амінопродукти, мг/дм ³
Завислі речовини, мг/дм ³	Окислювальність перманганатна, мгО/дм ³	Нітропродукти, мг/дм ³
	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Фтор, мг/дм ³
	БСК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	СПАР, мг/дм ³
	Лужність, мг-екв./дм ³	Хром (III), мг/дм ³
	Аміак, мг/дм ³	Хром (VI), мг/дм ³
Кольоровість, градуси	Нітрити, мг/дм ³	Мідь, мг/дм ³
	Нітрати, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³
	Залізо загальне, мг/дм ³	Нікель, мг/дм ³
Мутність, мг/дм ³	Фосфати, мг/дм ³	Марганець, мг/дм ³
	Фосфор загальний, мг/дм ³	Алюміній, мг/дм ³
	Загальна жорсткість, мг-екв./дм ³	Кобальт, мг/дм ³
	Кальцій, мг/дм ³	Кадмій, мг/дм ³
	Магній, мг/дм ³	Ртуть, мг/дм ³
	Хлориди, мг/дм ³	Фосфорорганічні інсектициди, мг/дм ³
	Сульфати, мг/дм ³	Триазинові гербіциди, мг/дм ³
	Натрій, мг/дм ³	Хлорорганічні пестициди, мг/дм ³
	Калій, мг/дм ³	
	Кислотність, мг-екв./дм ³	
	Двооксид вуглецю, мг/дм ³	
	Кремній, мг/дм ³	
	Мінералізація (сума іонів), мг/дм ³	
	Сухий залишок, мг/дм ³	

Моніторинг вод – це система спостережень за якісним станом вод, оцінка та прогнозування його змін, розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

До *об'єктів державного моніторингу вод* належать поверхневі води (природні водойми (озера), водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водосховища, ставки), канали та інші водні об'єкти); підземні води та джерела; внутрішні морські води та територіальне море, виключна (морська) економічна зона України; джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скидання рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобуванні корисних копалин у межах акваторій поверхневих вод, внутрішніх морських вод, територіального моря і виключної (морської) економічної зони України та демпінг відходів; води поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь, фільтрація забруднюючих речовин з технологічних водойм та сховищ; масовий розвиток синьо-зелених водоростей; надходження шкідливих речовин з донних відкладів (вторинне забруднення) та інші джерела забруднення.

Функції суб'єктів моніторингу вод виконують Мінприроди, МОЗ та Держводгосп.

Організація і координація державного моніторингу вод здійснюється Мінприродою України. Під час здійснення державного моніторингу вод визначаються пріоритетні показники стану водних об'єктів та джерела негативного впливу на них.

З метою регулювання забруднення поверхневих, підземних і морських вод та здійснення системи моніторингу вод в Україні використовуються наступні *нормативно-правові документи*:

- Водний кодекс України від 06.06.95 р. Стаття 21 «Державний моніторинг вод»;
- Закон України «Про загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006 – 2020 роки» від 03.03.2005 № 2455–IV, розділ 4;

- Постанова КМУ «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» від 20.07.96 № 815;
- СанПин № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. 1988г.;
- Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод від 24.10.2001 № 485;
- Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин. Затверджено постановою КМУ «Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується» від 11.09.96 № 1100;
- Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин в водні об'єкти із зворотніми водами. Затверджено наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 15.12.94 № 116;
- Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.;
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.;
- ГОСТ 2874 – 82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18 октября 1982 г. № 3989;
- Державні санітарні правила та норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 23.12.96 № 383.

Стаття 21 Водного кодексу України наголошує, що державний моніторинг вод є складовою частиною ДСМД і регламентується порядком здійснення

державного моніторингу вод, який встановлює основні вимоги до організації державного моніторингу вод, до взаємодії міністерств та інших центральних органів виконавчої влади під час його проведення, до забезпечення органів державної виконавчої влади інформацією для прийняття рішень, пов'язаних зі станом водного фонду України.

2.9. Моніторинг ґрунтів

Роль ґрунтів у житті суспільства визначається тим, що вони є джерелом продуктів харчування, яке забезпечує 95–97% продовольчих ресурсів для населення планети.

Ґрунт є особливим природним утворенням, що має ряд властивостей, які притаманні живій і неживій природі, що сформувалися в наслідок тривалого перетворення верхніх шарів літосфери в результаті сумісної взаємообумовленої дії гідросфери, атмосфери, живих та мертвих організмів.

Ґрунти як елемент біосфери мають забезпечувати біохімічне середовище для існування людини, тварин і рослин. Невід'ємними функціями ґрунту як природного тіла є накопичення атмосферних опадів та регулювання водного балансу, концентрація елементів харчування рослин та забезпечення чистоти підземних вод.

Ґрунти забруднюються різними хімічними речовинами, пестицидами, відходами сільського господарства, промислового виробництва і комунально-побутових підприємств.

Хімічні сполуки, що надходять у ґрунти, накопичуються та призводять до поступової зміни хімічних і фізичних властивостей ґрунту, знижують чисельність живих організмів, погіршують родючість.

То ж ґрунти є важливішим ресурсом для народного господарства. *Земельними ресурсами* є всі землі, що використовуються або можуть використовуватися у народному господарстві.

Земельний фонд країни або якої-небудь території являє собою всю земельну

площу, включаючи внутрішні води.

Структура земельного фонду:

- сільськогосподарські угіддя, у тому числі рілля, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища;
- ліси та інші лісовкриті площі;
- забудовані землі (житловою забудовою, промисловими об'єктами тощо);
- відкриті заболочені землі, відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (піски, яри, землі, зайняті зсувами, щебенем, галькою, голими скелями тощо).

Проблема забруднення та деградації ґрунтового покриву дуже актуальна для України у зв'язку з існуванням розвиненого сільського господарства. Земельний фонд України становить 60,4 млн. га. Сільськогосподарські землі займають 72 % території, з них сільськогосподарські угіддя — 69,3, в тому числі рілля — 54,4, перелоги — 0,4, багаторічні насадження — 1,6, сіножаті — 3,8, пасовища — 9,1 %. Лісові та інші насадження займають 17,2, заболочені землі — 1,6, відкриті землі без рослинного покриву — 1,8, землі, вкриті водою — 4,0 %.

Найбільш важливими проблемами, які впливають на загальний стан земельних ресурсів в Україні, є:

- велика ступінь розорювання земель;
- низький рівень лісистості;
- відносно мала загальна площа природно-заповідного фонду;
- розвиток ендегенних та екзогенних геологічних процесів;
- деградація ґрунтового покриву внаслідок ерозії ґрунтів, збіднення його гумусом та поживними речовинами;
- руйнування ґрунтів внаслідок підтоплення та господарської діяльності;
- хімічне та бактеріологічне забруднення ґрунтів різного призначення;
- засоленість зрошуваних земель.

Охороні ґрунтів від забруднення підлягають ґрунти сільськогосподарських та лісових угідь, включаючи ріллю, пасовиська, сінокоси, ґрунти під багаторічними насадженнями, а також ґрунти заповідників, національних природних парків, зон рекреації, населених пунктів.

Охорона ґрунтів від забруднення повинна здійснюватися з урахуванням наступних вимог:

- визначення норм, термінів та техніки внесення добрив, хімічних меліорантів та інших засобів хімізації з урахуванням даних агрохімічного обстеження ґрунтів, прогнозів появи шкідників та хвороб, фактичного засмічення посіву;
- використання відходів промисловості та житлово-комунального господарства як добрива та хімічних меліорантів після детального вивчення їх хімічного складу, не допускаючи внесення у ґрунти відходів, що містять важкі метали та інші токсичні елементи і сполуки;
- включення до проєктів на нові підприємства та технологічні лінії очисних споруд від усіх компонентів, що забруднюють ґрунт;
- здійснення заходів щодо запобігання забруднення ґрунтів відходами та осадами стічних вод;
- транспортування та зберігання пестицидів у відповідності до встановлених вимог.

Основними критеріями, що використовуються для оцінки ступеня забруднення ґрунтів, повинні бути ГДК та орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) хімічних речовин у ґрунті згідно з ГОСТ 17.4.1.03–84, нормативи допустимих концентрацій забруднюючих речовин у суміжних природних середовищах та сільськогосподарській продукції, показники санітарного стану ґрунтів згідно з ГОСТ 17.4.2.01–81.

До категорії забруднених слід відносити ґрунти, в яких кількість забруднюючих речовин знаходиться на рівні або вище ГДК.

Класифікацію ґрунтів за ступенем забрудненості здійснюють шляхом порівняння фактичних концентрацій хімічних речовин у ґрунтах з їх ГДК.

За ступенем забрудненості ґрунти слід поділяти на

- *сильно забруднені* – ґрунти, які містять забруднюючі речовини, концентрація яких у декілька разів перевищує ГДК. Такі ґрунти під впливом хімічного забруднення мають низьку біологічну продуктивність, істотну зміну фізико-механічних, хімічних та біологічних характеристик;
- *середньо забруднені* – ґрунти, в яких встановлено незначне перевищення ГДК без видимих змін у властивостях ґрунтів;
- *слабо забруднені* – ґрунти, які містять хімічні речовини у концентраціях не перевищуючих ГДК, але більше природного фону.

Ступінь стійкості ґрунту до хімічних забруднюючих речовин оцінюють відносно до конкретної хімічної забруднюючої речовини або до групи речовин, якими забруднений ґрунт. При цьому слід відрізняти

- *геохімічно активні речовини*, які створюють кислотно-лужні та окислювально-відновлювальні умови у ґрунтах та впливають таким чином на загальну ґрунтово-геохімічну обстановку. Це здебільшого мікроелементи та їх сполуки;
- *біохімічно активні речовини*, що впливають, у першу чергу, на організми (мікрофлору, рослин, тварин);
- *речовини*, що здатні знаходитися у ґрунтах у таких формах, які ведуть до їх міграції у атмосферне повітря, рослинність, поверхневі, ґрунтові та підземні води.

За ступенем стійкості до хімічних забруднюючих речовин та за характером відповідних реакцій ґрунти слід поділяти на дуже стійкі, середньо стійкі та малостійкі.

Ступінь стійкості ґрунту до хімічних забруднюючих речовин характеризується наступними основними показниками:

- гумусним станом ґрунтів;
- кислотно-лужними властивостями;
- окислювально-відновлювальними характеристиками;
- катіоно-обмінними властивостями;

- біологічною активністю.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднюючих речовин необхідно враховувати наступні показники:

- показники, що характеризують сезонні або короткотермінові (2–5 років) зміни властивостей ґрунтів та необхідні оцінки поточного стану ґрунтового покриву, у зв'язку з прогнозуванням урожайності та рекомендаціями щодо сезонного внесення добрив і пестицидів, зрошування та інших заходів збільшення врожаю. Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів діагностуються згідно з динамікою вологості, величиною рН, складом ґрунтових розчинів, активністю процесів дихання ґрунтів, вмістом доступних рослинам живильних речовин;
- показники довгострокових змін, що проявляються протягом 5—10 років і більше, які відображають несприятливі тенденції зміни властивостей ґрунтів внаслідок забруднення. Вони включають періодичні зміни вмісту та запасу гумусу, відношення вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот, ерозійні втрати ґрунту, структурний стан, склад обмінних катіонів, загальну лужність, кислотність, вміст солей;
- показники ранньої діагностики розвитку (появи) несприятливих змін властивостей ґрунтів, придатні для біологічних тестів, мікроморфологічних спостережень, аналізів водного, сольового, окислювально-відновлювального та кислотно-лужного режимів ґрунтів.

Ґрунти, віднесені до категорії забруднених, мають знаходитися під постійним контролем внутрішньовідомчих та державних служб контролю.

Особливу увагу слід приділяти ґрунтам, що прилягають до підприємств та об'єктів промисловості, житлово-комунального та сільського господарства, транспорту, які за характером своєї діяльності можуть забруднити ґрунти внаслідок здійснення викидів, скидів, утворення відходів та скидів стічних вод.

Під час проведення контролю за забрудненням ґрунтів слід враховувати клас небезпеки хімічних речовин, ступінь небезпеки патогенних та умовно-патогенних організмів та дотримуватися наступних вимог:

- використовувати фізико-хімічні та біологічні методи, що дозволяють отримати якісну та кількісну інформацію стосовно вмісту забруднюючих речовин у ґрунті;

- реєструвати у журналах якісний та кількісний склад, об'єми та дати викидів, скидів, утворення відходів та ін., використання засобів хімізації із зазначенням об'єму та асортименту фактично вжитих хімічних речовин, розмірів території, що обробляється, способів та дати їх внесення;

- визначати кількість забруднюючих речовин, що здатні надавати ґрунтам фітотоксичні властивості, а також спричиняти негативну дію на якість ґрунтів та рослинної продукції.

Система моніторингу земельних ресурсів є складовою частиною системи моніторингу довкілля. Загальний моніторинг земельних ресурсів здійснюється з метою виявлення фактичного стану земельних ресурсів, розробки науково-обґрунтованих управлінських рішень, спрямованих на охорону та відтворення земельних ресурсів.

Суб'єктами моніторингу земельних ресурсів є різні підприємства, установи, організації, що здійснюють спостереження за станом земельних ресурсів.

До об'єктів моніторингу земельних ресурсів належать землі різного призначення, геологічні процеси, природні явища, геофізичні поля. Перелік суб'єктів та об'єктів моніторингу земельних ресурсів в Україні наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Перелік суб'єктів та об'єктів здійснення моніторингу земель

Суб'єкт моніторингу	Об'єкт моніторингу
Мінприроди	Ґрунти різного призначення; геохімічний стан ландшафтів; ендегенні та екзогенні процеси; геофізичні поля; ґрунти у місцях зберігання та захоронення відходів,

	пестицидів; грунти на території промислових підприємств.
Держкомзем	Ґрунти та ландшафти (вміст забруднюючих речовин, прояв ерозійних та інших екзогенних процесів, просторове забруднення земель об'єктами промислового та сільськогосподарського виробництва); зрошувальні та осушені землі (вторинне підтоплення та засолення і т.ін.); рослинний покрив земель (видовий склад, показники розвитку і пошкодження рослин); берегові лінії річок, морів, озер, водосховищ та т.ін. (динаміка змін, нанесення шкоди земельним ресурсам).
МНС	Ґрунти і ландшафти в зонах радіоактивного забруднення
МОЗ	Ґрунти у місцях проживання і відпочинку населення
Мінагрополітики	Ґрунти сільськогосподарського використання
Держлісгосп	Ґрунти земель лісового фонду
Держводгосп	Зрошувальні та осушувані землі, прибережні зони водосховищ
Держбуд	Ґрунти і ландшафти. зрошувальні і осушені землі, берегові лінії водних об'єктів.

При здійсненні загального (стандартного) моніторингу спостереженню за станом земельних ресурсів підлягають:

- структура земельного фонду;
- сільськогосподарське освоєння земель;
- розорювання земель;
- якісні та кількісні характеристики орних земель (чорноземи; перезволожені ґрунти; еродовані ґрунти, у тому числі піддані водній та вітровій ерозії; кам'яністі ґрунти; кислі ґрунти; механічний склад ґрунтів, у тому числі

важко- і середньоглинкові, легкоглинкові, важкосуглинкові, середньосуглинкові, легкосуглинкові, супіщані, піщані та зв'язно-піщані);

- стан зрошуваних та осушених земель (вторинне підтоплення і засолення тощо);
- прояви ендегенних та екзогенних процесів;
- стан рекультивованих земель;
- біологічний стан ґрунтів (вміст золи, кількісний та якісний склад ґрунтової мікрофауни і флори);
- родючість ґрунтів – вміст гумусу, азоту, фосфору, калію, рН.

Моніторинг антропогенного впливу на земельні ресурси проводиться за джерелами забруднення земель та станом земель у місцях впливу цих джерел, за якістю земель на території промислових підприємств, у місцях сміттєзвалищ, на зрошуваних та прилягаючих до них землях, у місцях видобутку корисних копалин, у місцях зберігання та застосування пестицидів, мінеральних добрив.

Серед головних нормативно-правових документів у сфері моніторингу земель використовуються наступні:

- Земельний кодекс України від 13.03.92. Стаття 95. «Моніторинг земель»;
- Постанова КМУ «Про затвердження Положення щодо моніторингу земель» від 20.08.93 № 661;
- ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.– М.: Изд-во стандартов, 1984.
- ГОСТ 17.4.3.04-85.Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. .– М.: Изд-во стандартов, 1985.
- ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. .– М.: Изд-во стандартов, 1986.
- МУ 4266–87 Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. – Утв. зам. Главного Санитарного врача СССР 13.03.87 г. № 4266-87.

- ГОСТ 17.4.2.01-81. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. – М.: Изд-во стандартов, 1981. Утв. Гос. комитетом СССР по стандартам 20.03.81 №1476.

2.10. Моніторинг у сфері поводження з відходами

Значний розвиток промисловості та збільшення урбанізації призвели до накопичення великих об'ємів відходів як промислового так і комунально-побутового походження, що обумовило загострення проблеми забруднення довкілля.

Частина відходів у процесі виробництва переробляється і використовується повторно, але переважна їх кількість накопичується на земній поверхні у вигляді териконів, шламосховищ, золошлакових відвалів, різного роду звалищ та полігонів.

Усі відходи поділяються на ті, що утилізуються та не утилізуються. Відходи, що утилізуються, не підлягають знищенню, вони можуть використовуватися у народному господарстві як паливо, добрива, вторинна сировина тощо. До них відносяться, наприклад, тверді побутові відходи (ТПВ), що утворилися внаслідок життєдіяльності людини. Відходи, що не утилізуються, зазвичай є небезпечними для населення або навколишнього природного середовища, тож вони підлягають захороненню. Промислові відходи, що не утилізуються, поділяються на 5 класів небезпеки з урахуванням їх токсичності.

Збільшення утворення кількості відходів, як правило, є наслідком економічного розвитку. Підвищення утворення відходів – це збільшення обсягів збирання, оброблення або перероблення, що у свою чергу призводить до збільшення витрат і більш негативного впливу від поводження з відходами на довкілля і здоров'я людей.

Для того щоб розірвати або порушити зв'язок між економічним розвитком та зростанням утворення відходів, слід здійснювати заходи з мінімізації

утворення відходів шляхом їх зменшення у місцях утворення та повторного використання.

Мінімізація утворення відходів – це не тільки зменшення загальних обсягів відходів, але також зменшення їх токсичності та інших небезпечних властивостей.

Важливу роль у мінімізації утворення відходів відіграють економічні механізми, такі, як наприклад, надбавка на продукцію за упаковку. Надбавки встановлюються в залежності від вартості утилізації відходів.

Зменшення в місці утворення стосується зменшення у місцях утворення чи використання обсягів або токсичності матеріалів, які зрештою стануть відходами.

Повторне використання – це зменшення відходів шляхом повторного використання матеріалу або предмету замість його викидання як відходів.

Переробку та сортування відходів розглянемо на прикладі твердих побутових відходів ТПВ.

Відходи – це ресурс. Матеріали та предмети, що викидаються як відходи, були виготовлені з природних ресурсів та сировини, які неможливо відновити і які часто є недостатніми або дефіцитними.

Багато речей, які викидаються як відходи, можуть бути повторно використані або перероблені. Такий підхід зменшить потребу у використанні нових природних ресурсів для виробництва нових предметів, а також збереже енергію та навколишнє природне середовище.

Сортування в місці утворення. Ті матеріали та частина відходів, які можуть бути перероблені або компостовані, мають відокремлюватися від інших побутових відходів у місці утворенні, або в місці, яке знаходиться неподалік від місця утворення, наприклад відповідне місце у багатоквартирному будинку або в офісному комплексі. Небезпечні відходи, розміщення яких на полігоні є шкідливим для довкілля, також мають відокремлюватися.

Якість перероблюваних матеріалів, відсортованих у місцях утворення, є набагато вищою, що покращує переробку, і вони мають більшу цінність ніж при видаленні з потоку змішаних відходів.

Розділення на окремі фракції має відповідати системі збирання, яка практикується в конкретній місцевості. Якщо можливо, всі матеріали, доки їх не перевезуть на пункти збирання, мають зберігатися у приміщеннях в окремих контейнерах.

Центральне сортування. При центральному сортуванні здійснюється сортування змішаних відходів на призначеному для цього об'єкті після їх збирання. Центральне сортування змішаних твердих побутових відходів може бути дуже складним, оскільки вагому частку цього виду відходів становлять вологі органічні відходи, що негативно впливає на інші фракції відходів, зокрема, папір та картон, а також створює небезпеку для здоров'я персоналу під час процесу сортування.

Центральному сортуванню можна піддавати й сухі змішані відходи, тобто при відокремленні в місцях утворення вологої/органічної фракції або при збиранні змішаної вторсировини. Чим більш незабрудненою є фракція, що сортується, тим легше вилучити з неї матеріали високої якості і тим кращими будуть умови роботи для персоналу.

На центральних сортувальних станціях використовуються різноманітні технології сепарації матеріалів.

Для дроблення матеріалів використовують шредери, наприклад: молоткове дробильне обладнання, зрізні подрібнювачі, дробильне обладнання для скла та дробильне обладнання для деревини, яке зменшує розмір частинок відходів. Зрізні подрібнювачі також використовуються як дробильне обладнання для кульків.

Просіювання відбувається з використанням решіток, таких як вібруючі решітки, обертальні решітки (грохот) та дискові решітки. Це обладнання здійснює сепарацію нижнього та верхнього продукту. Грохоти також використовуються як дробильне обладнання для кульків.

Повітряна сепарація включає повітряний та циклонний сепаратори. Вони здійснюють відокремлення легких матеріалів від важких фракцій.

Магнітна сепарація являє собою процес, який використовується для відокремлення магнітних (наприклад, чорних) металів від суміші різних видів відходів. Наприклад, консервні банки, що містять магнітні матеріали, можуть відокремлюватися від тих, які містять тільки алюміній.

Ручне сортування може застосовуватися у поєднанні з методами механічної сепарації. Ручне сортування також може застосовуватися до сухої фракції (головним чином перероблюваних матеріалів) у разі використання схеми сортування на дві фракції. Обладнання, що використовується для ручного сортування матеріалів, може включати сортувальний конвеєр або столи, де знаходиться суміш матеріалів, які підлягають сортуванню. Працівники вибирають потрібні матеріали та вкидають їх у бункери або тару для подальшого перевезення.

Переробка. Багато предметів, що викидаються як відходи, можуть бути перероблені на матеріали, з яких можна виготовити нові речі. *Переробка* – це процес збирання матеріалів, їх очищення та перероблення шляхом виробничих процесів на нові продукти. Термін *утилізація* використовується, коли відходи розглядаються як джерело отримання енергії, наприклад, спалювання з генерацією енергії або анаеробне зброджування.

Переробка та утилізація відходів

- зменшують обсяг відходів, які знаходяться у процесі поводження, і таким чином зменшують витрати на поводження з ТПВ;
- зменшують вплив від поводження з ТПВ на здоров'я людей та довкілля;
- зменшують потреби у потужностях об'єктів обробки та видалення відходів;
- збільшують строк експлуатації полігонів;
- зменшують обсяг надходження на полігон відходів, які біологічно розкладаються, як вимагається Директивою ЄС про захоронення відходів на полігоні;

- підвищують рівень переробки та утилізації відходів упаковки, як вимагається Директивою ЄС про упаковку та відходи упаковки;

- приносять прибуток завдяки продажу перероблених матеріалів;
- зберігають недостатні природні та екологічні ресурси;
- створюють можливості зайнятості населення;
- заохочують участь громадськості.

Враховуючи ці переваги, рівень перероблення та утилізації має бути підвищений до найвищого з можливого та економічно обґрунтованого рівня (витрати на збирання та очищення вторсировини).

Нижче наведені конкретні приклади переваг від перероблення відходів.

1. Переробка зберігає природні ресурси – на виробництво тони паперу потрібно 15–20 дерев. Це означає, що для виробництва паперу необхідного для друку газет, які читає одна сім'я протягом року потрібне одне дерево.

2. Переробка зберігає енергію – переробка однієї скляної банки замість виробництва нового скла з первинної сировини економить стільки енергії, скільки було б достатньо для того, щоб лампа у 100 Вт горіла протягом чотирьох годин. Для виробництва алюмінієвої банки із вторинної сировини потрібно на 5 % менше енергії ніж для виробництва такої банки з первинної сировини. Переробка паперу потребує на 60 % менше енергії ніж його виробництво з деревини.

3. Переробка зменшує негативний вплив на довкілля – виробництво паперу з вторсировини на 75 % менше забруднює повітря та на 35 % менше забруднює воду ніж виробництво паперу з первинного волокна.

Суб'єктами моніторингу у сфері поводження з відходами є:

- Мінприроди;
- МОЗ;
- МНС.

Об'єктами спостереження та контролю в системі моніторингу у сфері поводження з відходами є:

- обсяги утворення на підприємствах промислових та побутових відходів усіх класів небезпеки;
- обсяги накопичення відходів на підприємствах, у тому числі отриманих від інших підприємств;
- обсяги використання (утилізації), знешкодження, захоронення, розміщення промислових та побутових відходів;
- полігони, сміттєзвалища, у тому числі неузаконені, мулисті поля тощо (загальна площа, загальний фактичний обсяг, обсяги лімітів на розміщення відходів на даних місцях видалення, обсяги фактично направлених відходів на місце видалення протягом року, кількість місць, що не відповідають діючим нормативам, кількість місць, де здійснюється моніторинг);
- вплив полігонів, сміттєзвалищ, мулистих полів на стан атмосферного повітря, підземних водоносних горизонтів, поверхневих вод, ґрунтів.
- місця, обсяги і стан зберігання пестицидів.

Моніторинг у сфері поводження з відходами здійснюється з метою визначення динаміки процесу утворення, накопичення, утилізації, знешкодження відходів усіх класів небезпеки, стану поводження, зберігання та знешкодження відходів, контролю за виконанням природоохоронного законодавства у сфері поводження з відходами, ефективності проведення природоохоронних заходів, а також стану складових довкілля у районах полігонів та сміттєзвалищ.

Нормативно-правовою базою у сфері поводження з відходами є наступні документи:

- Закон України «Про відходи» від 05.03.98, стаття 29 – « Моніторинг місць утворення, збереження та видалення відходів »;
- ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. Затверджено постановою Головного державного лікаря України від 1.06.1999 № 29.

2.11. Моніторинг біорізноманіття

Поняття *біологічне різноманіття (біорізноманіття)* включає в себе три рівня: рівень екосистеми, рівень окремого виду та генетичний рівень. Навколишнє природне середовище вміщує велику кількість різних видів, що існують у залежності один від одного. Основною передумовою багатого видового різноманіття є різноманіття екосистем. Багато видів рослин і тварин можуть вижити тільки у особливих умовах, тож вони зникають, якщо руйнуються їх місця проживання. Екосистеми існують у результаті тісної взаємодії цілого ряду різних факторів: біотичних (рослин та тварин) і абіотичних (грунти, вода, кислотність, температура, мінеральний склад, повітря тощо).

Третій фактор, який має вирішальне значення для довгострокової життєдіяльності окремого виду – це його генетичне різноманіття.

У середині XVIII століття шведський ботанік Карл Лінней опублікував «Систему природи» (лат.: *Systema Naturae*) – систему класифікації живих організмів, до якої включив біля 10 000 рослин та 6000 тварин. Після К. Ліннея вченими-систематиками було ідентифіковано близько 1,8 мільйона видів, приблизно 4500 з яких – ссавці та 10000 – птахи. Але існує велика кількість видів, які до цього часу не були описані, тож людству до сьогодні невідомо, скільки існує видів на Землі та скільки з них зникли. Вчені розрахували, що кількість існуючих на Землі видів знаходиться між 16 і 100 мільйонами. Найбільшою за чисельністю групою живих організмів є комахи, які складають близько 70 % всіх відомих видів живих організмів на Землі. Тільки одних жуків існує близько 300 000 видів.

Зникання видів – оборотна сторона еволюції. У такий спосіб конкуренція між різними видами призводить до зникнення окремого «слабкого» виду або групи видів.

У процесі розвитку життя на Землі до цього часу, на думку вчених, зникло 99 % видів, що коли-небудь існували на планеті. Проте, вчені припускають, що

в нашу історичну епоху на планеті живе більша кількість різних видів, ніж у будь-який попередній історичний період. Принаймні п'ять разів за всю історію Землі відбувалося масове зникнення великих груп організмів. Останнє і найбільш значне масове зникнення, що мало місце 65 мільйонів років тому, завершило еру динозаврів. Тоді зникло 2/3 усіх видів тварин.

Біологами розраховано, що зникнення видів у наш час прискорено у 1000 разів порівняно з «нормальним», природним процесом. Зараз відбувається шосте масове зникнення видів, і вперше в цьому винна антропогенна діяльність, а не стихійні лиха. Цього разу наслідки масового зникнення видів обумовлені діяльністю людського суспільства.

Для забезпечення біологічної розмаїтості на майбутнє необхідно підвищувати рівень знання і розуміння тих екологічних факторів, що є важливими для існування мікроорганізмів, рослин і тварин. Встановлено, що протягом 100 років, імовірно, зникнуть приблизно 12 % усіх видів птахів, що в загальному рахунку складає 1186 різних видів. Під безпосередньою загрозою зникнення вже сьогодні знаходяться 182 види, імовірність виживання яких протягом найближчих десяти років становить не більше 50 %. Для інших груп видів прогноз ще більш похмурий. Згідно з переліками, що наведено у «Червоній книзі» – 2000 Всесвітнього союзу охорони природи, під загрозою глобального зникнення знаходиться 27 % усіх видів плазунів, 20 % видів амфібій і 30 % видів риб. Якщо сьогоднішня тенденція не зміниться, то до 2040 року зникне кілька сотень видів хребетних тварин і біля мільйона комах.

Викопні окам'янілі матеріали свідчать про те, що раніше відбувалося зникнення одного виду птахів приблизно кожні 100 років. Однак, доведено, що за останні 500 років знищено 128 видів птахів, і не менш ніж 103 з них зникли за останні 200 років. На жаль, швидкість зникнення видів усе ще зростає.

Для України проблема збереження біорізноманіття також дуже актуальна. Тваринний світ України відрізняється різноманітним видовим складом і включає за приблизними підрахунками 44 800 видів тварин. На території України багато

унікальних природних місцевостей, де проживають і ростуть рідкісні реліктові або ендемічні види тварин та рослин. У зв'язку з інтенсифікацією господарської діяльності, що проникає у найвіддаленіші куточки, і посиленням негативного впливу антропогенних факторів на природне середовище, збереження тваринного і рослинного світу стало одним з найактуальніших завдань держави.

Серед численних проблем охорони природи особливе місце належить збереженню та раціональному використанню диких тварин та рослин, найменш захищених від людської діяльності. Необхідність охорони тварин і рослин поряд з охороною атмосфери, земель, надр і вод відображена у багатьох документах міжнародного співробітництва: у Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни та флори, які перебувають під загрозою зникнення (1973); у Всесвітній стратегії охорони природи (1978); Червоній книзі Міжнародного Союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП); Європейському Червоному списку тварин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі (1991); у Червоних книгах окремих країн.

Постановою Верховної Ради України від 29 жовтня 1992 року затверджено Положення про Червону книгу України, яка є основним державним документом з питань охорони тваринного і рослинного світу. Вона містить узагальнені відомості про сучасний стан видів тварин і рослин України, які перебувають під загрозою зникнення, і заходи щодо їх збереження та науково-обґрунтованого відтворення. До Червоної книги України заносяться види тварин і рослин, які постійно або тимчасово перебувають чи зростають у природних умовах на території України, у межах її територіальних вод, континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони, і знаходяться під загрозою зникнення.

До Червоної книги України на сьогоднішній день занесено:

- тваринний світ – 382 види тварин, серед яких: гідроїдні поліпи (2 види), черви круглі (2) та черви кільчасті (7), ракоподібні (26), павукоподібні (2) та багатоніжки (3), комахи (173), молюски (12), круглороті (2) та риби (32), земноводні (5), плазуни (8), птахи (67), ссавці (41);

- рослинний світ – 556 видів рослин: плауноподібні (7), папоротеподібні (11), голонасінні (7), покритонасінні (429), моховинні (28), водорості (17), лишайники (27), гриби (30).

До суб'єктів моніторингу біологічних ресурсів належать підприємства, установи та організації, що здійснюють спостереження за станом рослинного та тваринного світу на території України. До об'єктів – представники рослинного та тваринного світу, екосистеми та геосистеми, що знаходяться на території України. Перелік суб'єктів та об'єктів моніторингу біологічних ресурсів України наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Суб'єкти та об'єкти моніторингу біологічних ресурсів в Україні

<i>Суб'єкт моніторингу</i>	<i>Об'єкт моніторингу</i>
Мінприроди	Наземні та водні екосистеми (фонові концентрації забруднюючих речовин, у тому числі радіонуклідів, умови існування біотопів).
Мінагрополітики	Сільськогосподарські рослини та продукти з них (радіологічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів); сільськогосподарські тварини та продукти з них (радіологічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість важких металів, пестицидів, агрохімікатів).
Держкомлісгосп	Лісова рослинність (пошкодження біотичними та абіотичними факторами, біомаса, біорізноманіття радіологічне визначення, вміст ЗР); мисливська фауна (видові, кількісні та просторові характеристики, радіологічні визначення).
Держкомзем	рослинний покрив земель (видовий склад, показники

	розвитку і пошкодження рослин).
Держбуд	зелені насадження у містах та селищах міського типу (ступінь пошкодження ентомошкідниками, фітохворобами і т.ін.).

Суб'єктами моніторингу здійснюється спостереження, аналіз та контроль за наступними показниками:

- станом лісової і дикоростучої рослинності, у тому числі занесених до Червоної книги України (видовий склад, показники розвитку та ушкодження рослинності);
- станом і чисельністю мисливської фауни;
- станом і чисельністю диких тварин, занесених до Червоної книги України;
- станом природних територій та об'єктів з особливим статусом охорони.

При проведенні моніторингу біологічних ресурсів необхідно визначитися з методологією біологічної оцінки стану та рівня забруднення наземних екосистем техногенних територій, що обстежуються.

Першим кроком є вибір тест-полігона. *Тест-полігон* – це ділянка території, на якій проводяться постійні спостереження за станом природних екосистем за спеціальною програмою і згідно з регламентом. Тест-полігони повинні покривати досліджувану територію мережею достатньої щільності.

Другим кроком є *вибір тест-об'єктів*, головними критеріями яких мають бути

- обрані біологічні види – масові типові представники флори та фауни природної зони, що обстежується;
- види-ефікатори, які представляють основу біогеоценозів і відіграють головну роль у створенні біосередовища;
- види-індикатори, подані з різних частин регіону, з різних типів ландшафтів, при різному рівні та характері антропогенного впливу;

- обрані біологічні види мають відрізнятися стійкістю (чутливістю) до комплексу забруднювачів довкілля та відбивати характер існуючого у регіоні природокористування.

Контроль, оцінка та прогноз наявності забруднюючих речовин у різноманітних компонентах біогеоценозів є неодмінною складовою частиною моніторингу біологічних ресурсів.

Для збору та опрацювання інформації про стан біологічних ресурсів потрібно створити і забезпечити ведення баз даних за різними аспектами моніторингу.

Державний моніторинг рослинного та тваринного світу здійснюється згідно з наступними *нормативно-правовими документами*:

- «Лісовий кодекс України» № 3852 – XII від 21.01.94 р.
- Закон України «Про ратифікацію Конвенції охорони біологічного різноманіття» № 257/94–ВР від 29.11.94 р.
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264–XII від 25.06.91.
- Закон України «Про мисливське господарство та полювання» №1478–III від 22.02.2000.
- Закон України «Про рослинний світ» № 1158–VI від 19.03.2009.
- Закон України «Про тваринний світ» № 2894–III від 13.12.2001.
- Закон України «Про природно-заповідний фонд України» № 2456– XII від 16.06.92.
- Кодекс України про адміністративні правопорушення № 8073–X від 07.12.84.
- Положення про громадських інспекторів з охорони довкілля Наказ Мінекоресурсів України № 88 від 27.02.2002.
- Положення про Державну екологічну інспекцію / Постанова КМУ № 1520. від 17 листопада 2001.

Питання для самоконтролю

1. Обґрунтуйте основні недоліки функціонування системи державного моніторингу довкілля в Україні.
2. В яких міжнародних програмах у сфері моніторингу бере участь Україна?
3. Наведіть особливості функціонування систем моніторингу в розвинених країнах.
4. Назвіть групи об'єктів моніторингу.
5. Перелічіть основні суб'єкти моніторингу.
6. На чому базуються відносини між суб'єктами моніторингу?
7. Визначте функції суб'єктів моніторингу.
8. Назвіть речовини, наявність яких в атмосферному повітрі визначається в обов'язковому порядку під час проведення моніторингу.
9. Визначте мету проведення моніторингу атмосферного повітря.
10. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу атмосферного повітря.
11. Яку інформацію отримують у результаті проведення моніторингу атмосферного повітря?
12. Назвіть основні нормативно-правові документи в галузі моніторингу атмосферного повітря.
13. Визначте різницю між поверхневими та підземними водами.
14. Дайте визначення поняття «стан поверхневих вод».
15. Назвіть фізичні та загально-санітарні показники якості води.
16. Дайте визначення терміну «моніторинг вод».
17. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу вод.
18. Назвіть основні нормативно-правові документи в галузі моніторингу вод.
19. Дайте визначення та структуру земельного фонду країни.
20. Дайте визначення поняття «якість ґрунту».
21. Дайте визначення поняття «самоочищення ґрунту».
22. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу ґрунту.

23. Назвіть основні нормативно-правові документи в галузі моніторингу ґрунту.
24. Дайте визначення терміну «відходи».
25. Поясніть механізм центрального сортування.
26. Визначте переваги переробки відходів.
27. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу відходів.
28. Назвіть основні нормативно-правові документи в галузі моніторингу відходів.
29. Визначте мету проведення моніторингу відходів.
30. Назвіть кількість видів, занесених до Червоної книги України.
31. Назвіть об'єкти та суб'єкти моніторингу біорізноманіття.
32. Дайте визначення терміну «тест-полігон».
33. Назвіть головні критерії вибору тест-об'єктів.

Питання для підготовки до поточного контролю

1. Уміти сформулювати основні засади концепції «сталого розвитку» суспільства та її взаємозв'язок із вирішенням екологічних проблем сучасності.
2. Уміти визначити перелік основних вимог, необхідних для реалізації інтегрованого підходу до управління станом навколишнього природного середовища.
3. Знати сукупність дій, необхідних для організації функціонування системи моніторингу.
4. Знати, які фактори й чинники враховуються при розробці стратегії моніторингу.
5. Уміти перелічити елементи структури системи моніторингу, як у загальноприйнятому, так і в класичному розуміннях.
6. Уміти чітко визначати основну мету функціонування системи моніторингу в цілому та які задачі вирішуються в межах здійснення окремих її складових, а саме: спостережень за станом навколишнього природного середовища, оцінки якості його окремих компонентів,

прогнозу змін стану під впливом антропогенних факторів та прийняття управлінських рішень з метою забезпечення екологічної безпеки відповідно до встановлених вимог. Викладати та пояснювати основні принципи здійснення моніторингу довкілля.

7. Знати, які основні особливості притаманні стандартному (загальному), оперативному (кризовому) та фоновому (науковому) виду моніторингу. Характеризувати особливості функціонування та основні завдання, що вирішуються при здійсненні моніторингу на тому чи іншому рівні: локальному, регіональному, національному, міждержавному.

8. Уміти орієнтуватись у виборі того чи іншого елементу системи моніторингу для вирішення певних завдань у практичній діяльності.

9. Уміти визначати пріоритетні принципи здійснення моніторингу з урахуванням особливостей та конкретних умов його проведення.

10. Уміти у практичній діяльності визначати вид моніторингу, що відповідає завданням, які необхідно вирішувати у конкретному випадку.

11. Уміти визначати рівень моніторингу відповідно до переліку об'єктів та суб'єктів його функціонування. Орієнтуватись із питань використання необхідних нормативних та методичних документів, враховуючи особливості здійснення моніторингу на тому чи іншому рівні.

12. Орієнтуватись з питань методичного та метрологічного забезпечення функціонування системи моніторингу.

13. Знати основні вимоги до технічного та програмного забезпечення системи моніторингу.

14. Знати, які складові елементи включає організаційне забезпечення системи моніторингу.

15. Назвати основні законодавчі та нормативно-правові акти, що використовуються для організації та проведення державної системи моніторингу в Україні.

16. Перелічити основні недоліки у функціонуванні державної системи моніторингу довкілля в Україні.

17. Знати основні міжнародні угоди з питань охорони довкілля, учасником яких є Україна.
18. Уміти орієнтуватись у підходах до організації та здійснення моніторингу у розвинених країнах.
19. Знати основні групи об'єктів моніторингу довкілля.
20. Вміти охарактеризувати основні групи об'єктів моніторингу довкілля.
21. Навести приклади суб'єктів моніторингу довкілля та їх функцій.
22. Перерахувати та охарактеризувати основні принципи моніторингу.
23. Знати мету проведення моніторингу атмосферного повітря.
24. Знати об'єкти моніторингу вод.
25. Знати основні критерії оцінки екологічного стану земельних ресурсів.

РОЗДІЛ 3

Екологічні проблеми нафтогазоносних територій

3.1. Загальний глобальний цикл елементу Карбону

Вуглеводні, як і всі горючі корисні копалини, є продуктом взаємодії геосфер. Вся історія їх формування та руйнування є частиною загального глобального циклу елементу Карбону. Елемент Карбон найбільш яскраво відображає зв'язок біосфери з глибинними частинами Землі. Його безперервне надходження балансується безперервним видаленням з атмосфери в гідросферу і осадову оболонку планети. Вуглець – один з елементів, що утворює живу речовину Землі. Вуглець зберігається в живій біомасі, гумусі, карбонатних осадових породах, горючих корисних копалинах та ін.

На рис. 3.1 схематично представлена послідовна еволюція органічної речовини (ОР) як в розсіяній, так і в концентрованій формі від моменту її виникнення в живих речовинах, поховання і перетворення в діагенезі, потім трансформації в катагенезі до кінцевих продуктів перетворення органічної речовини – графіту і метану.



Рис. 3.1 – Малий і великий глобальні цикли органічного елементу вуглецю на Землі.

Малий глобальний цикл тривалістю від декількох діб до декількох тисяч років відбувається в біосфері. Цей цикл ще називають біотичним кругообігом речовини, тому що він відбувається за участю живих організмів: рослин, тварин та мікроорганізмів.

Цей цикл є джерелом елементу Карбону для великого глобального циклу тривалістю багатьох мільйонів років. Невід'ємним елементом цього циклу є нафто- і газоутворення. За умови тривалого та сталого занурення осадових порід вуглеводні утворилися як продукт проміжної стадії глобального вуглецевого циклу.

Нафтогазоутворення – це складна сукупність процесів, що протікають в надрах, перебіг яких в природі не можна контролювати. Видно лише фіксовані результати цих процесів, закріплені в деякому просторі осадових порід.

З усіх земних процесів лише єдиний не витрачає, а накопичує сонячну енергію. Це фотосинтез, через який утворюється органічна речовина. У накопиченні та зв'язуванні сонячної енергії і полягає основна планетарна функція живої речовини. Найважливішою особливістю біосфери є існування потоків енергії і речовини.

В екосистемах перенесення речовини та енергії здійснюється за допомогою трофічних (харчових) ланцюгів, за рахунок чого всі хімічні елементи, з яких побудовані організми, багаторазово використовуються в біосфері. Сутність біотичного кругообігу полягає в утворенні живої речовини з неорганічних сполук у процесі фотосинтезу і перетворенні органічної речовини при розкладанні знову в неорганічні сполуки. Цей кругообіг для життя біосфери є головним, і сам він є породженням життя.

Процеси, що відображають рух вуглецю і трансформацію його станів відбуваються по такому замкненому ланцюгу: CO_2 – фотосинтез – вуглеводи і органічні речовини в біосфері – органічні речовини в осадових породах – мікронафта – поклади вуглеводнів – видобуток та переробка вуглеводнів – спалювання вуглеводнів – CO_2 . Для споживача нафти і газу головними в цьому циклі є останні чотири ланки.

Поглинання елементу елемент Карбон біотою суші і океану в процесі фотосинтезу приблизно врівноважується процесами дихання біоти і розкладання рослин, а також надходженням вуглецю за рахунок вулканічної діяльності. Тому у відсутності антропогенних надходжень CO_2 в атмосферу вуглецевий цикл на планеті знаходився б в рівновазі.

Господарська діяльність людини інтенсифікує біотичний кругообіг вуглецю, істотно порушує вуглецевий цикл. Видобувне паливо являє собою результат трансформації доісторичних залишків рослин і живих організмів. Видобувне паливо – це законсервований елемент Карбон, який «пішов у геологію». Людина, включаючи нафту, газ і вугілля у виробничий цикл, порушує цю консервацію. У розвіданих запасах нафти і вугілля міститься 410^{15} т елементу Карбону. Спалювання цих запасів може в три рази порівняно з існуючим збільшити вміст елементу Карбону в атмосфері. Наскільки при цьому зросте температура на Землі, сказати важко.

3.2. Екологічні проблеми нафтогазової галузі

Щорічно підприємства нафтової галузі порушують до 15 тисяч га земель, викидають в атмосферу понад 2,5 млн. т забруднюючих речовин, спалюють на факелах близько 6 млрд т попутних газів, забирають близько 750 млн т прісної води, залишають неліквідованими сотні комор з буровим шламом.

Перераховані проблеми складаються з локальних впливів видобувних підприємств. Екологічні проблеми можна згрупувати за трьома напрямками:

- організаційно-економічні;
- технологічні;
- природно-ресурсні.

3.2.1. Організаційно-економічні проблеми

Природоохоронні заходи, що включені до технічного завдання на складання технологічної схеми розробки родовища, сформульовані досить

розпливчасто. Наприклад, відсутня інформація про те, який економічний і екологічний збиток буде завдано навколишньому природному середовищу і місцевому населенню. Досі не враховується той факт, що витрати на екологічні заходи відносяться до виробничих і є такими ж необхідними елементами витрат, як і витрати на електроенергію та водопостачання.

Весь життєвий цикл промислу і собівартість товарної нафти залежать від якості еколого-економічних оцінок вартості природних ресурсів, яким завдається шкода, а також компенсаційних заходів.

У більшості проектів відсутні показники екологічного стану компонентів природного середовища, визначені правилами з проведення екологічної експертизи; проекти не відповідають вимогам офіційних документів з оцінки впливу на навколишнє природне середовище; відсутні прогностичні сценарії впливу виробничого об'єкта на навколишнє природне середовище; відсутні схеми організації екологічного моніторингу, а також розрахунки економічного збитку і платежів за оренду земельних ділянок, за розміщення відходів, за забруднення навколишнього природного середовища; відсутні плани компенсаційних заходів.

При проектуванні розробки родовищ вуглеводнів мають бути виявлені всі групи ризиків: геологічні, будівельні, експлуатаційні, інженерні, фінансові, маркетингові та екологічні. Останні можуть виникнути на будь-якій стадії реалізації проекту в результаті подій природного або техногенного характеру.

При встановленні лімітів впливу на навколишнє природне середовище нафтовидобувного підприємства нормативи впливу затверджуються на 5 років і продовжуються на новий термін без зниження обсягів викидів, скидів і утворення відходів. При цьому слабо враховуються реальні умови функціонування об'єкта. Крім того, проводиться недостатнє обґрунтування меж гірничих відводів, а також відведень земельних ділянок під будівництво свердловин.

Відповідно до нормативних документів, будь-яке підприємство, що здійснює викиди в навколишнє природне середовище, зобов'язане проводити

моніторингові спостереження, мета яких – отримання показників стану природного середовища. Більшість видобувних підприємств не має власних служб моніторингу, а спостереження проводяться епізодично і безсистемно.

3.2.2. Технологічні проблеми нафтогазової галузі

Аналіз технологічних процесів будівництва свердловин, облаштування та експлуатації нафтопромислів, організації робіт з охорони навколишнього природного середовища виявив:

- недостатню ефективність екологічних рішень в проектах розробки та облаштування родовищ, будівництва та ремонту свердловин, програм з підвищення нафтовіддачі пластів;
- неякісну реалізацію проектних рішень через низьку експлуатаційну надійність технічних засобів та низьку ефективність системи контролю;
- недостатній рівень екологічної підготовки фахівців на всіх ділянках ланцюжка «свердловина – магістральний трубопровід».

Розливи нафти обумовлені великою протяжністю і низькою надійністю (80 % зносу) промислових нафтових і водовідних ліній в системі підтримки пластового тиску (ППТ). На магістральних нафтопроводах причини аварійності наступні:

- 34 % – зовнішні впливи;
- 23 % – брак при будівництві;
- 23 % – корозія;
- 14 % – заводський брак;
- 3 % – помилкові дії персоналу.

Зі збільшенням обводненості нафти швидкість корозії труб і обладнання збільшується. Швидкість корозії – кількість металу, що перетворюється в продукти корозії з одиниці поверхні за одиницю часу. При обводненні від 10 до 80 % швидкість корозії складає $0,45 \text{ г/м}^2 \times \text{год.}$, а при обводненні 90 % цей параметр збільшується до $0,54 \text{ г/м}^2 \times \text{год.}$

Внаслідок високої агресивності пластових вод (сірководень, діоксид елементу Карбону, іони хлору та ін.) наскрізні отвори в обладнанні можуть з'явитися через 5 років після початку експлуатації, а при подачі інгібіторів корозії термін безаварійної служби трубопроводів з вуглецевих сталей може бути продовжений до 10 років.

Вибір та дозування інгібіторів корозії залежать від складу пластових флюїдів. Служба корозійного моніторингу сприймається як другорядний підрозділ, однак якщо врахувати величину збитку, що завдається аваріями і вартістю реабілітації компонентів екосистем, то такий підхід виявляється невірним.

За таких умов назріває необхідність вдосконалення захисних покриттів для запобігання асфальто-парафінових відкладень і методів очищення промислових труб. Термін служби бітумної ізоляції на зовнішніх покриттях не перевищує 10 років, тому необхідний перехід до нових матеріалів і технологій покриття.

Однією з найважливіших в нафтовій галузі є проблема утилізації попутного нафтового газу. У разі перевищення гранично допустимого викиду (ГДВ) на межі санітарно-захисної зони проводиться вдосконалення факельної системи з метою більш повного спалювання, а не заходи з його переробки. У цьому випадку попутний нафтовий газ відноситься до відходів видобутку (як бензин в ХІХ ст., який зливали ночами в річки), що дозволяє віднести платежі за забруднення до собівартості продукції, як і витрати на утилізацію пластових вод. Пластові води, як і попутний нафтовий газ також є джерелом цінної сировини для нафтохімії.

Одним з методів утилізації попутного нафтового газу є його закачування в пласти-колектори з метою підвищення нафтовіддачі. Ефективність застосування газових методів підвищення нафтовіддачі збільшується при низьких фільтраційно-ємнісних властивостях продуктивних пластів. При закачуванні попутного нафтового газу вирішується ряд проблем:

- скорочуються платежі за викиди в навколишнє природне середовище і підтримується якість атмосферного повітря в робочій зоні на рівні нормативів;
- скорочується протяжність промислових корозійно-небезпечних комунікацій;
- забезпечується геодинамічна стабільність покладів;
- знижується обводненість продукції зі свердловин і зберігається попутний нафтовий газ як ресурс для подальшого вилучення.

Одна зі стадій утворення відходів – буріння свердловин, на період будівництва яких надається до 5 га землі. Протягом року після закінчення будівництва свердловини територія бурової площадки повинна бути рекультивована і передана землекористувачу. На період експлуатації свердловини виділяється 0,36 га. Раціоналізація розміщення кушів свердловин дозволяє знизити відводи земель за рахунок зниження площ, зайнятих промисловими комунікаціями.

Під час ремонтних робіт на свердловинах необхідний контроль використання розчинників, гелів, кислот та інших реагентів, які повинні накачуватися в пласт при стимуляції нафтовіддачі свердловин. При обробці приви́бійної зони свердловин застосовуються розчини з концентраціями 10 і 5 % розчини, відповідно, соляної та плавикової кислот. При ремонті свердловин виникають до 2 м³ токсичних рідин на одну операцію зі свердловиною. Крім того, під час промивання насосних агрегатів, виникають до 5 м³ рідких відходів на одну операцію. На родовищі необхідно мати спеціальну свердловину з поглинаючими горизонтами для утилізації рідких відходів від технологічних процесів видобутку.

Нафто- і газовидобувні свердловини є складними і дорогими спорудами, які потребують постійного контролю та проведення технічних заходів з підтримки робочих режимів. Враження корозією цементного каменю в свердловинах призводить до зниження частки нафти у флюїдах, які видобуваються, а також до забруднення артезіанських і ґрунтових вод, що

використовуються для водопостачання. З цієї причини відбувається утворення грифонів біля гирла свердловин. Внаслідок несвоєчасних діагностичних досліджень в галузі простоюють більше 20 тисяч свердловин, що підлягають капітальному ремонту.

Джерелом забруднення нафтою і мінералізованими водами є також резервуарні парки видобувних підприємств. Багато резервуарних парків «плавають» на лінзах нафтопродуктів, які утворилися за роки витоків нафти. Періодична діагностика та очищення резервуарів від опадів з наступною їх утилізацією дозволяє знизити гостроту цієї екологічної проблеми.

3.2.3. Природно-ресурсні проблеми нафтогазової галузі

Відкритий земляний котлован одиначної свердловини може містити більше 60 м³ бурового шламу і до 300 м³ бурового розчину, в складі яких можуть бути присутніми до 20 м³ нафти, а також реагенти.

Вміст у бурових розчинах окремих компонентів може перевищувати існуючі нормативи в 20 тисяч разів. Приведення таких високих концентрацій отруйних речовин до екологічно безпечного рівня вимагає їхнього розведення величезною кількістю води. Для нейтралізації забруднених стоків однієї бурової установки необхідна площа водозбору до 2000 км².

Основою міграції поліутантів є водне середовище. Саме поняття нейтралізація стоків розведенням – означає винос забруднювачів з конкретної ділянки. У підсумку забруднювачі акумулюються в кінцевих ланках міграційного ланцюга – біологічних об'єктах і донних відкладах. Наприклад, в донних відкладеннях, які є депонуючим середовищем, виявлені підвищені рівні вмісту вуглеводнів – 25 мг/дм³, бенз(а)пірену – 120 мг/дм³, міді, ванадію, барію, свинцю і нікелю – 90мг/дм³. Подібний перелік поліутантів говорить про їх техногенне походження, що пов'язане з процесом буріння.

Обсяг знятого родючого шару під буріння однієї свердловини сягає 15 тисяч м³. Додаткові площі для розміщення знятого шару ґрунту не входять в

територію земельного відводу. Недостатньо повно впроваджуються в практику реабілітаційних робіт методи біологічної рекультивації, які працюють за рахунок життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів і внесення біопрепаратів. В комплексі з агротехнічними заходами ці методи дають хороший ефект .

До тотального забруднення водних об'єктів призводить безконтрольне використання великих обсягів прісних вод для технологічних потреб (знесолення нафти і ППТ–підтримка плстового тиску). При видобутку 1 т нафти в середньому утворюються забруднення в кількостях, представлених у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість забруднюючих речовин, що утворюються при видобутку нафти

Стічні води забруднені	0,10 м³
Стічні води, що очищаються	0,18 м³
Пил	0,02 кг
CO ₂	0,43 кг
NO ₂	0,04 кг
Вуглеводні	6,60 кг
Тверді відходи	2,7 кг

Відсутня нормативно-правова база для оцінки геодинамічного стану надр. У проектних документах і на практиці не враховується можливий спектр геодинамічних проявів при експлуатації родовищ. Не проводяться роботи за прогнозом виникнення техногенних геодинамічних ситуацій щодо створення системи оцінок екологічного ризику.

При розробці в'язкої нафти і бітумів термічними методами порушується природний термічний градієнт за розрізом, змінюється хімічний склад підземних вод. Регламентація цього виду антропогенних впливів відсутня.

На ряді родовищ проведені підземні ядерні вибухи з метою сейсмічного зондування та інтенсифікації нафтовіддачі. Крім того, зустрічається високе природне гамма-випромінювання радіонуклідів (400 мкР/год і вище) при видобутку нафти. На всіх великих підприємствах з видобутку вуглеводнів

проводиться радіометричне обстеження технологічного обладнання та території.

3.3. Екологічні ризики і безпека нафтогазових об'єктів

Нафта – природний продукт, який завжди потрапляв в біосферу природним шляхом. У природному вуглецевому циклі нафта не є забруднювачем. Забруднення починається тоді, коли в навколишнє середовище привносяться речовини в концентраціях, що виводять екосистему зі стану рівноваги і призводять до негативних наслідків. Іншими словами: забруднення – це те, що знаходиться не в тому місці, не в той час і не в тій кількості. Забруднювачем, наприклад, може виступати навіть чиста вода, якщо в екосистемі вона є зайвою по відношенню до природної норми. Проблема полягає в тому, що нафта у величезних кількостях поширюється далеко за межі промислів, а відходи її використання потрапляють у повітря, ґрунт і воду.

Питомі втрати нафти видобувних компаній складають в середньому 5,2 кг на тонну видобутої нафти. Питомі втрати підприємств нафтопереробки теж великі і становлять в середньому 4,5 кг на тонну переробленої нафти.

У всіх сферах нафтогазового бізнесу необхідно забезпечувати екологічну та енергетичну безпеку. Під енергетичною безпекою розуміється можливість стабільного забезпечення фізичних поставок енергоносіїв для внутрішнього споживання. Під екологічною безпекою розуміється захищеність життєво важливих інтересів особи, суспільства і держави від загроз природного і техногенного характеру.

Загрози безпеці виникають при надзвичайній ситуації – обставині на певній території, що склалася в результаті аварії чи стихійного лиха, що може спричинити за собою людські жертви, нанести шкоду, здоров'ю людей, навколишньому середовищі або заподіяти значні матеріальні втрати. До техногенних надзвичайних ситуацій відносяться різні типи аварій: пожежі,

вибухи, затоплення, катастрофи транспортних засобів, викиди небезпечних речовин, руйнування споруд.

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) є основою енергопостачання будь-якої країни. Діяльність підприємств ПЕК призводить до потужного техногенного впливу на навколишнє природне середовище. На його частку припадає близько половини викидів шкідливих речовин в атмосферу, близько чверті скидів забруднених стічних вод у поверхневі водойми та до 70 % загального обсягу парникових газів.

Нафтогазовий комплекс (НГК) є однією зі складових ПЕКу. На всіх стадіях господарської діяльності НГК об'єктами впливу є всі компоненти природного середовища: атмосферне повітря, поверхневі і підземні води, морські акваторії, ґрунту, надра, рослинний покрив і біотичні комплекси.

Для традиційних нафтовидобувних регіонів найбільш гострою є проблема забруднення природного середовища нафтою і нафтопродуктами.

Особливо важливо забезпечити екологічну безпеку при реалізації нових великих проектів освоєння морських родовищ і прокладання магістральних трубопроводів по морському дну. Проблема забруднення викликана недостатнім рівнем екологічності технологічних процесів і слабкою роботою природоохоронних служб.

Основним показником безпеки є ризик, який являє собою ймовірність виникнення небезпечної події. Кількісно ризик визначається як добуток імовірності відмови і збитку, вимірюваного в грошовому вираженні. Система прийняття рішень відносно забезпечення безпеки носить назву управління ризиками.

Технічні ризики є предметом дослідження теорії надійності і асоціюються з безвідмовністю та ресурсом технічних систем. Екологічні ризики виражають небезпеку негативних впливів на природу, порушення нормального існування біоценозів, деградації ґрунтів, погіршення повітряного басейну. Поняття екологічного ризику за масштабами застосовують до населеного пункту, регіону або всієї планети.

Оцінка екологічного ризику наслідків рішень, що приймаються в сфері нового будівництва об'єктів НГК, набуває все більшого значення у зв'язку з підвищенням вимог екологічного законодавства.

Прогноз частоти витоків з магістральних нафтопроводів проводиться з урахуванням 40 чинників впливу: зовнішні антропогенні, корозія, якість труб та будівельно-монтажних робіт, експлуатаційні фактори та ін. Оцінка ступеня ризику всієї траси проводиться на основі ідентифікації небезпек і оцінки ризику окремих ділянок.

Нафтову свердловину, бурову вишку, магістральний трубопровід слід розглядати як вбудовані в природне середовище чужорідні елементи. Наприклад, система «магістральний трубопровід - природне середовище» характеризується складним набором прямих і зворотних зв'язків. Важливо знайти шляхи найменшого взаємного впливу: техногенного – на довкілля з боку споруди та природних процесів – на трубопровід.

У безаварійному стані, коли експлуатація магістральних трубопроводів здійснюється в межах екологічного регламенту, рівень їх впливу на навколишнє середовище знаходиться в межах адаптаційних можливостей території.

З усієї сукупності несправностей на газопроводах близько 10 % відбувається зі значним екологічним збитком, а для нафтопроводів цей показник становить 18 %. При цьому найбільшу екологічну небезпеку становлять трубопроводи великого діаметру 1000–1400 мм. Руйнуючий ефект нафтопроводів менший, ніж газопроводів, однак аварія на нафтопроводі супроводжується виходом великої кількості продуктів, тому нафтопроводи становлять велику екологічну небезпеку.

Забезпечення екологічної безпеки об'єктів НГК базується на екологічному моніторингу та контролі. Загальна мета екологічного контролю може бути визначена як забезпечення дотримання діючих природоохоронних та ресурсозберігаючих правил, вимог і норм на всіх етапах будівництва та виробництва. Екологічний контроль повинен бути багатостороннім і не

виключати жодної сфери діяльності людини, що впливає на стан навколишнього середовища.

В одних випадках об'єктом контролю є шкідливі техногенні впливи на природне середовище. За цих умов визначаються кількісні характеристики механічних, теплових, хімічних та інших впливів. Отримані результати порівнюють з гранично допустимими значеннями. В інших випадках об'єктом контролю є природне середовище, що піддається шкідливим впливам. При цьому визначають якість компонентів і комплексів природного середовища з метою виявлення складу і концентрації шкідливих речовин.

Для зведення до мінімуму шкідливого впливу об'єктів НГК на довкілля передбачаються наступні заходи:

- раціональне розміщення споруд і відкритих майданчиків з обладнанням з мінімальним відведенням земель в постійне користування;
- організацію виробничих баз та інших об'єктів відповідно до вимог охорони навколишнього природного середовища;
- жорсткий контроль роботи обладнання і техніки з метою зниження скидів та викидів забруднюючих речовин;
- використання новітніх технічних рішень і сучасного обладнання для оснащення знову проєктованих нафтогазових об'єктів;
- організацію природоохоронного моніторингу.

При бурінні свердловин і видобутку вуглеводнів утворюються значні площі земель, що опинилися в зоні розробки і втратили свою первісну цінність. Рекультивація порушених територій – це комплекс заходів з відновлення порушеного ґрунтового покриву, біоресурсів, природного та геологічного середовища. Процеси рекультивації повинні носити системний характер і займати рівне становище з процесами експлуатації надр. Рекультивація земель повинна здійснюватися за рахунок коштів видобувних компаній. Ці кошти повинні входити в собівартість готової продукції.

3.4. Технологічні аспекти впливу процесів буріння на навколишнє природне середовище

Надійна конструкція свердловини повинна запобігати

- заколонним та міжколонним перетокам мінералізованих вод, нафти, газу в атмосферу, в вище розміщені горизонти та на поверхню землі;
- аварійним фонтануванням та утворенню грифонів;
- розтеплінню кріолітозони і просіданню гирл свердловин;
- зіжмакуванню та зрізанню колон.

У сильно розтріскані водоносні горизонти до глибин 150 м фільтрат бурового розчину може проникати на велику відстань (більше 2 м), незважаючи на короткочасність буріння даного інтервалу.

Буріння продуктивних карбонатних родовищ супроводжується проникненням у них фільтрату на відстань більше 1,5 м від стінок свердловини. У процесі видобутку нафти фільтрат бурового розчину поступово витягується. Прояви напірних мінералізованих вод із соленосних відкладень – негативний екологічний фактор.

Однією з поширених причин втрат герметичності обсадних колон є електрохімічна корозія зовнішньої поверхні труб. Під час будівництва свердловин небезпеку становить вихід газу, нафти та пластової води з-під землі. Причиною виникнення грифонів є вертикальні перетоки флюїдів з покладу через стовбур свердловини.

Проблема міжпластового перетоку та міжколонного тиску стоїть надзвичайно гостро на всіх родовищах. Причинами підвищення міжколонних тисків є негерметичність різьбових з'єднань обсадних труб (30 %) і колонних головок, низька якість цементування. Температурні зміни (температура нафти під час виливу 70 °C) деформують обсадні колони.

Міцнісні і фільтраційні властивості цементного каменю знижуються при температурі 80 °C.

При розгерметизації затрубного простору нагнітальних свердловин реагенти (ПАР – поверхнево-активні речовини, луки, полімери) можуть потрапити у підземні води.

Питання для самоконтролю.

1. Назвіть процеси, що відображають рух елементу Карбону і трансформацію його станів.
2. Охарактеризуйте малий та великий глобальні цикли елементу Карбону.
3. Перелічіть екологічні проблеми нафтогазової галузі.
4. Назвіть технологічні проблеми нафтогазової галузі.
5. Назвіть причини аварійності на магістральних нафтопроводах.
6. Назвіть різні типи аварій техногенних надзвичайних ситуацій.
7. Яка загальна мета екологічного контролю НГК?
8. Які групи ризиків мають бути виявлені при проектуванні розробки родовищ вуглеводнів?
9. Які проблеми вирішуються при закачуванні попутного нафтового газу в пласти-колектори?
10. Через який час територія бурової площадки повинна бути рекультивована і передана землекористувачу?
11. Скільки гектарів землі виділяється на період експлуатації свердловини ?
12. Якої процентної концентрації застосовуються розчини соляної та плавикової кислот при обробці привибійної зони свердловин?

3.5. Вплив об'єктів нафтогазового комплексу на атмосферу

Вся технічна міць сучасної цивілізації базується на використанні енергії, яка заснована на вилученні кисню з повітря. Усі технології отримання енергії шляхом окислення руйнують атмосферу Землі, необоротно зв'язують

атмосферний кисень у воду. Спалювання 1 л бензину поглинає з повітря 3,5 кг кисню, реакції окислення продуктів світового нафтовидобутку протягом року поглинають з атмосфери близько 12 млрд т кисню. Спалювання видобутого за рік природного газу поглинає з атмосфери понад 11 млрд т кисню. Не випадково в повітрі мегаполісів міститься всього 17 % кисню замість природних 21 %.

Бурові установки, нафтові і газові промисли є технологічними об'єктами, що виділяють в атмосферу різні забруднюючі речовини.

Забруднення атмосфери при випробуванні продуктивних горизонтів може бути досить інтенсивним незважаючи на їх короткочасний характер. Кількість спалюваних на факелі нафти і попутного газу залежить від дебіту флюїдів і за масою може складати сотні тонн. Сам процес спалювання може зайняти кілька тижнів.

У ході буріння свердловин основними джерелами викидів в атмосферу є дизельні установки. Під час цементації обсадних колон тривалістю до 24 год загальна потужність пересувної техніки досягає 3600 кВт. Тут може бути задіяно одночасно 5–6 дизелів. При нормальній роботі дизеля за добу викидається (кг) NO_x – 1300, CO – 1140, SO_2 – 142, вуглеводнів – 16, сажі – 18.

На фотографії Землі, зробленої з супутника вночі, добре видно нафтові та газові промисли Західного Сибіру, Мексиканської і Перської заток, Каспійського і Північного морів, освітлені палаючими смолоскипами. Спалювання попутного газу в факелах – це пряме забруднення атмосфери. Палаючі факели забруднюють атмосферу сірчистими сполуками, тому в радіусі до 250 м від смолоскипів повністю знищується всяка рослинність, на відстані до 3 км дерева сохнуть і скидають листя. У ліцензіях на надрокористування нафтовики беруть на себе зобов'язання утилізувати до 90 % попутного газу. У реальності утилізуються перші десятки відсотків.

При бурінні свердловин джерелами забруднень атмосфери є залпові викиди при нафто- і газовиявленнях, спалювання вуглеводнів на факельних установках при очищенні привибійної зони пласта, термічне знешкодження

бурових шламів. тривалі випробування пробурених свердловин, дизельні приводи і котельні установки на бурових.

При аварійних розливах нафти відбувається забруднення атмосфери за рахунок випаровування низькомолекулярних вуглеводнів. Цілісна величина викидів вуглеводнів з поверхні розлитої нафти густиною 0,85–0,89 г/см³ при різних температурах та різній тривалості випаровування може бути визначена за допомогою табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Питома вага викидів вуглеводнів в атмосферу з поверхні розлитої нафти (кг/м²) за різних температур та тривалості випаровування

Шар нафти, м	Тривалість випаровування, 24 год			Тривалість випаровування, 120 год			Тривалість випаровування, 240 год		
	5 °C	10 °C	30 °C	5° C	10° C	30° C	5° C	10° C	30° C
0,01	0,3	0,9	5,7	1,0	4,9	6,5	1,3	6,2	6,6
0,05	0,8	2,4	9,4	2,7	8,0	10,9	3,8	10,4	11,1
0,1	1,1	3,6	15,4	4,0	12,8	18,3	6,0	17,4	18,8
0,5	2,7	9,3	29,3	10,4	23,6	36,3	16,4	34,0	37,4
1,0	3,8	13,7	47,6	15,5	37,3	60,8	25,0	56,3	63,0

На всіх нафтопереробних заводах (НПЗ) відбуваються значні викиди вуглеводнів в атмосферу. Це випаровування нафти і нафтопродуктів з відкритих поверхонь очисних споруд. Витоки рідин і пари відбуваються з насосів та компресорів. Зазвичай запобіжні клапани скидають гази на факел, але при перевантаженні факела газ скидають в атмосферу. Обороти води при віднесенні і випаровуванні з градирень також забруднюють атмосферу.

При первинній переробці нафти на установках попутний нафтовий газ потрапляє в атмосферу через нещільність апаратури та запобіжні клапани ректифікаційних колон і сепараторів. Велика кількість легких вуглеводнів йде в атмосферу через дихальні клапани, відкриті люки, при наливанні і зливанні нафтопродуктів. Це так звані неорганізовані викиди.

Організовані викиди – це викиди з димових труб, ежекторів вакуумстворюючих і витяжних вентиляційних систем. З ними в атмосферу

надходять великі кількості вуглеводнів, CO₂, SO₂, NO₂, сірководень, аміак, феноли та ін. На 1 т нафти, що переробляється, з печей викидається близько 600 кг димового газу.

3.6. Параметри процесу горіння вуглеводнів

Нафтові факели служать для ліквідації шкідливих токсичних газів і парів, що виділяються при порушенні технології та аварійних ситуаціях. Смолоскипне господарство НПЗ необхідно проектувати з урахуванням повного уловлювання й утилізації горючих газів і парів, що скидаються на факел, а також конденсату нафтопродуктів, що утворюються в факельній системі.

Горіння – це хімічна реакція з'єднання горючих компонентів палива з киснем (окислювачем) з виділенням тепла.

З метою порівняння енергетичної цінності різних видів палива вводиться поняття умовного палива. За одиницю умовного палива приймається 1 кг палива з теплотою згоряння 29,33 МПа / кг.

З'єднання компонентів вуглеводневого палива з киснем при горінні відбувається за стехіометричними реакціями, в яких співвідношення кількостей вихідних речовин відповідає вимозі отримання кінцевих продуктів горіння.

Якщо в складі палива є кисень, який бере участь в процесі горіння, то на величину його обсягу зменшується витрата окислювача, необхідного для повного згоряння палива.

При спалюванні вуглеводневого палива як окислювач в основному використовується повітря. Для спрощення розрахунків реакцій горіння палива в повітрі приймається, що повітря складається з 21 % кисню і 79 % азоту. В цих умовах стехіометричне рівняння реакції горіння метану в повітрі має наступний вигляд: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 7,52\text{N}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 7,52\text{N}_2$, де в об'ємі продуктів згоряння міститься : вуглекислого газу 9,51 %, парів води 19,01 %,

азоту 71,48 %. З подібних стехіометричних рівнянь визначається теоретична кількість повітря, необхідного для спалювання вуглеводневого палива.

Вищою теплотою згоряння палива називається кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні одиниці кількості палива за умови конденсації водяної пари в продуктах згоряння. Нижча теплота згоряння не враховує тепло конденсації водяної пари в продуктах згоряння. У природного газу, що містить 25 % водню за масою, значення вищої і нижчої теплот згорання відповідно становлять 39800 і 35610, у бензину – 47347 і 43995, у кам'яного вугілля – 20992 і 19844 кДж/кг. Температура вихідних продуктів згоряння, як правило, перевищує 100° С, конденсації водяної пари не відбувається, тому теплотехнічні розрахунки виконують на основі нижчої теплоти згоряння палива.

Коефіцієнтом надлишку окислювача (повітря) α називається відношення кількості окислювача, що подається на горіння, до його теоретично необхідній кількості. При $\alpha < 1$ горюча суміш називається багатогою, оскільки пальне знаходиться в надлишку, при $\alpha > 1$ суміш називається бідною, так як у надлишку знаходиться окислювач. В обох випадках частина теплоти, що виділяється при горінні, витрачається на нагрівання зайвого компонента.

Займання газових сумішей може відбуватися в результаті самозаймання та запалювання. Найменша концентрація газу в суміші, що забезпечує поширення полум'я, називається нижньою межею займистості. Значення меж займистості метану в повітрі: нижня межа – 5,3 %; верхній – 14,0 %.

Температура займання газів не є фізико-хімічної константою. Для стехіометричної суміші метану з повітрям температура займання може змінюватися в діапазоні від 545 до 850 °С.

Просторово-обмежена зона самопідтримуваної хімічної реакції горіння називається полум'ям. Полум'я є межею, що відокремлює свіжу газову суміш від продуктів згоряння. Поширення полум'я в газових сумішах відбувається при значних градієнтах температур і концентрацій. Реакція горіння поширюється пошарово в свіжу суміш, яка перетворюється в продукти горіння.

Граничними є нормальне поширення полум'я при повільному горінні і детонаційне – при вибуховому горінні.

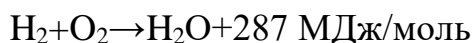
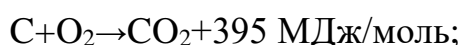
Нормальною швидкістю поширення полум'я називається швидкість руху фронту полум'я відносно свіжої суміші в напрямку, нормальному до його поверхні. Цей рух обумовлено процесом передачі теплоти за рахунок молекулярної теплопровідності.

У промислових горілчаних пристроях спалювання вуглеводневих газів проводиться, як правило, в турбулентних потоках. При турбулізації потоку фронт полум'я викривляється, розбивається на окремі острівці, вигнуті ділянки полум'я переміщуються нерегулярним чином, швидкість горіння збільшується.

Максимальна температура горіння в стехіометричному обсязі сухого повітря деяких газів (°C): водень – 2235; метан – 2043; бутан – 2118; етилен – 2284; ацетилен – 2620.

Зріджені гази мають більшу концентрацію теплової енергії в одиниці об'єму. При випаровуванні 1 м³ скрапленого пропану його обсяг в газоподібному вигляді становить 290 м³. Зріджені гази легко перевозити у залізничних і автомобільних цистернах.

При горінні вуглеводнів окислення їх основних компонентів відбувається з виділенням тепла:



При нестачі кисню відбувається неповне окислення і утворюється СО – чадний газ.

Сірко-і азотовмісні домішки, що містяться у вуглеводнях, згоряють з утворенням оксидів сірки та азоту. Сірководень – горючий високотоксичний газ, що викидається об'єктами нафтогазового комплексу. Середньодобова ГДК в повітрі населених пунктів – 0,008 мг/м³. Природні гази можуть містити значну кількість сірководню. Наприклад, природний газ Астраханського родовища містить до 25 % сірководню.

Нафтове моторне паливо є найбільш масовим видом нафтопродуктів, воно ж відноситься до основних джерел забруднення навколишнього середовища. З продуктами згоряння бензину і дизельного палива в атмосферу щорічно викидається (млн т): оксидів сірки – 80; оксидів азоту – 50; оксиду вуглецю – 300. Особливості забруднення атмосферного повітря газовими викидами автомобілів наступні: мала висота викиду і низький ступінь розсіювання, висока токсичність викидів, прямий вплив на людину в районах з високою щільністю населення.

З наведених у таблиці 3.3 компонентів до шкідливих викидів відносяться всі крім перших чотирьох. При використанні в двигунах внутрішнього згоряння однієї тонни моторного палива в атмосферу викидається до 90 кг шкідливих речовин. Карбюраторні двигуни лідирують по викидах оксиду вуглецю, дизельні двигуни – по викидах оксидів азоту, сірки і твердих частинок.

Таблиця 3.3 – Склад відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, (% об.)

Компоненти	Бензиновий двигун	Дизельний двигун
Азот	74–77	76–78
Кисень	0,3–8,0	2–18
Вода	3,55	0,5–4,0
CO ₂	5–12	1–10
CO	1–10	до 0,5
NO	0,1–0,5	до 0,4
SO ₂	до 0,002	до 0,03
Вуглеводні	до 0,10	до 0,50
Альдегіди	до 0,2	до 0,009
Сажа г/м ³	до 0,04	до 1,10
Бенз(а)пірен г/м ³	до 0,00002	до 0,00001

Вміщені у вуглеводнях сірковмісні домішки згоряють з утворенням оксидів сірки.

Оксид вуглецю – токсичний газ без кольору, запаху і смаку – позбавляє тканини тіла необхідного кисню. Максимальна разова ГДК в населених пунктах – 3 мг/м^3 . Підвищення викидів СО спостерігається при холостому ході двигуна і великій частці важких фракцій у складі моторних палив.

Діоксид вуглецю – безбарвний важкий газ, підвищений вміст якого в повітрі викликає підвищене серцебиття та задуху. ГДК в повітрі становить 1 %.

Діоксид сірки – безбарвний газ з різким запахом – згубно впливає на здоров'я людини, рослинний і тваринний світ, руйнує метали і тканини. При фотохімічних реакціях утворює в повітрі аерозолі. Поріг подразнювальної дії – на рівні 20 мг/м^3 .

Сажа – є шкідливим речовиною III класу небезпеки. У повітрі разова ГДК газової сажі становить $0,15 \text{ мг/м}^3$. У момент утворення являє собою високодисперсні частинки діаметром до 10 нм, що складаються з елементарного елементу Карбону. Має велику адсорбційну здатність до важких вуглеводнів і канцерогенних гетероциклічних з'єднань, що робить сажу небезпечною для людини і тварин.

Для регулювання якості навколишнього середовища введені і строго контролюється гранично-допустимі викиди (ГДВ), які встановлюються для кожного джерела викиду шкідливих речовин в атмосферу. ГДВ є обґрунтована технічна норма викиду шкідливих речовин з промислових джерел в атмосферу. На підприємствах нафтогазових галузей роботи з нормування викидів починають з інвентаризації шкідливих викидів, що проводяться підприємствами та спеціалізованими організаціями.

Найбільш ефективним методом знешкодження шламів вважається термічний метод, коли шлами спалюються в печах різних конструкцій. Цей метод дозволяє знищити токсичні домішки в шламах і отримати повністю знешкоджену тверду фазу. Однак при спалюванні шламів хімічні сполуки, що містять хлор, перетворюються в токсичні діоксини, які разом з викидами печей потрапляють в атмосферу.

Наслідком викидів в атмосферу діоксиду сірки та азоту є кислотні дощі, основними складовими яких є слабкі розчини азотистої, азотної та сірчаної кислот. Кислотні дощі можуть випадати на великих відстанях від джерела викидів оксидів сірки та азоту через перенесення їх повітряними масами. Кислотні дощі роблять руйнівний вплив на конструкційні матеріали і діють на дихальну систему людини.

При спалюванні на факельних установках попутного газу та інших вуглеводнів потрібен надлишок кисню на 10–15% більше стехіометричної кількості. Устаткування для спалювання в цьому випадку включає пальник, встановлений на сталевій трубі, якою йде газ.

За способом розташування факельного пальника установки можуть бути висотними і наземними. У висотних установках (рис. 3.2) продукти згоряння безпосередньо надходять в атмосферу. У наземних установках пальник розташований на невеликій відстані від землі, а продукти згоряння відводяться в атмосферу через димову трубу.

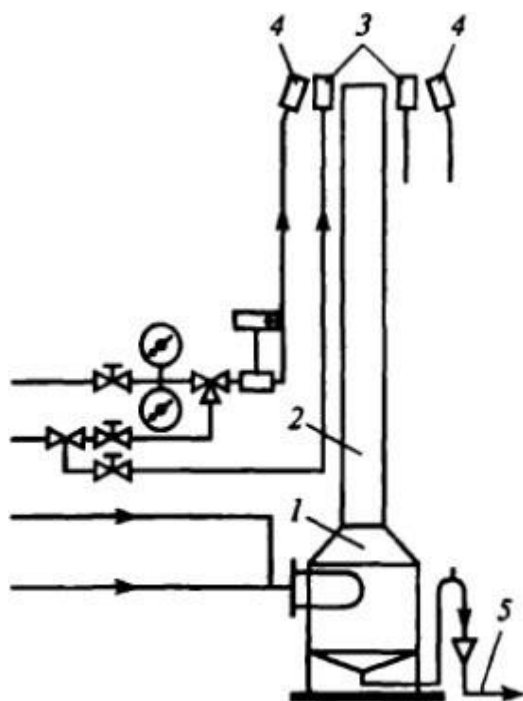


Рис. 3.2 – Пристрій факельної установки

- 1 – сепаратор; 2 – факельна установка; 3 – черговий пальник (грілка);
4 – запальні грілки; 5- гідрозатвор

Процеси горіння чинять на кліматичну систему Землі подвійний вплив: по-перше, зменшують вміст кисню в атмосфері, виснажуючи озоновий захист Землі і зменшуючи атмосферний тиск, по-друге, викидають величезну кількість розігрітих водяної пари і вуглекислого газу. Вважається, що наслідком викидів в атмосферу парникових газів – вуглекислого газу, метану і закису азоту – є глобальне потепління клімату на планеті. Тільки поновлювані джерела енергії і паливо, що не зв'язує при горінні атмосферний кисень в воду, стануть основою енергетики в найближчому майбутньому. Технологіям, які безповоротно знищують кисень атмосфери, в новій еколого-енергетичної цивілізації місця не буде.

3.7. Вплив об'єктів нафтогазового комплексу на водне середовище

Всі забруднення рано чи пізно потрапляють у море. Головна небезпека для морських прибережних зон пов'язана з освоєнням нафтових родовищ континентального шельфу. При бурінні свердловини глибиною до 4000 м напрацьовується близько 500 бурового шламу і приблизно 5000 напіврідких відходів. У світі пробурено понад 65 тисяч морських свердловин, близько 20 % світового видобутку нафти припадає на морські родовища, тому легко уявити ступінь порушення стану гідросфери в районах шельфу. З морських бурових установок, стаціонарних платформ на шельфі і танкерів, що перевозять нафту, в море потрапляє понад 1,6 млн т на рік.

У світовому океані курсують більше чотирьох тисяч танкерів, які перевозять морем більше 60 % видобутої нафти. Коли поблизу берега потрапляє в аварію танкер, гинуть морські птахи, страждає прибережна флора і фауна, пляжі покриваються шаром в'язкої нафти. Аварійний танкер зазвичай оточують бонами з плаваючих шлангів, які перешкоджають розпливанню нафтової плями і дозволяють зібрати насосами пролиту нафту. Нафту, що розлилася, спалюють або засипають піском і вапном, які захоплюють нафту і занурюються разом з нею на дно.

Активізація освоєння нафтових і газових родовищ, збільшення обсягів перевезень по морю вимагає створення системи моніторингу стану морського

середовища і в першу чергу – морських ссавців. На відміну від риб, ссавці теплокровні і дихають легенями. Наприклад, забруднення Каспію вуглеводнями і пестицидами викликало падіння чисельності каспійського тюленя. У квітні-червні 2000 року загинуло майже 30 тисяч особин. У більшості з них були виявлені патологічні зміни в імунній системі, а також інфікування печінки, нирок і крові хвороботворної мікрофлорою.

В результаті розробки морських родовищ збільшується каламутність води, на поверхні з'являється нафтова плівка і, як наслідок, зменшується проникнення в товщу води сонячного світла, через що процес фотосинтезу сповільнюється. У підсумку порушується кормова база риб і падає їхнє відтворення.

Найбільшою катастрофою за всю історію нафтовидобутку на шельфі був викид зі свердловини в Мексиканській затоці в 1979 році. Тоді з цієї свердловини у води затоки потрапило 300 тисяч т. сирої нафти. В ході операції «Буря в пустелі» в 1991 році у води Перської затоки і на узбережжя також надійшло кілька сотень тисяч тонн нафти.

Від нафтових забруднень страждають великі ділянки узбережж. Зокрема, з цієї причини на багатьох ділянках узбережжя Північного моря заборонено купання. На шельфі цього моря середня глибина становить менше 80 м. Самоочищенню Північного моря не допомагають ні припливи, ні штормові хвилі. Північне море так густо всіяне буровими вишками, по його дну прокладено таку кількість трубопроводів, по його водам курсує така кількість танкерів, що навіть фахівці не можуть дати остаточний висновок про масштаби і наслідки його забруднення.

В результаті діяльності людини в навколишнє середовище потрапляє близько 40 тисяч різних хімічних речовин, їх дія на фауну, флору і людину в більшості випадків вивчена слабо. Доведено, що скиди в море бурового шламу мають негативний вплив на морське середовище: навколо морських платформ під товщею шламу в донних опадах сформувалися анаеробні умови і макрофауна відсутня. Зйомки в Північному морі виявили поблизу платформ

підвищений рівень вмісту вуглеводнів, які є залишками дизельного палива – основи бурових розчинів.

Головний механізм самоочищення води полягає в деградації нафти. Вуглеводні з ланцюжками атомів елементу Карбону до C_{15} (температура кипіння до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$) випаровуються з водної поверхні протягом 10 діб, в середньому випаровування може видалити до 50 % вуглеводнів нафти. Важкі фракції з ланцюжками атомів C_{25} і вище практично не випаровуються.

Встановлено, що остаточною доля нафти в морі визначається активністю мікроорганізмів: описано 70 родів мікроорганізмів і 30 видів грибів, що окислюють вуглеводні. У районах моря, схильних до хронічного забруднення нафтою, вуглеводневоокислюючі бактерії найбільш численні і складають 10 % від чисельності всього мікробіоценозу. Мікроорганізми, які містяться в морській воді, в першу чергу споживають *n*-алкани, а потім ароматичні з'єднання. Складність складу нафти і нафтопродуктів вимагає різноманітності мікроорганізмів, здатних атакувати як компоненти нафти, так і продукти метаболізму. Тому нафта більш ефективно руйнується не окремими штамами, а змішаним бактеріальним населенням.

Прискорене окислення нафтових вуглеводнів відбувається при достатньому насиченні води киснем: для повного окислення 1 л нафти потрібно 3,30 кг кисню. Найбільш сприятливі умови для цього створюються на межі розділу вода-повітря, так як тут процес окислення стимулюється дією сонячної радіації. У ясну погоду на поверхні плаваючою плівки може окислюватися до 2 т/км^2 нафти за добу.

Нафта, яка потрапила у водойму, швидко розтікається. Навіть найтонша нафтова плівка ізолює воду від кисню повітря, зменшуючи тим самим її аерацію. Легкі фракції швидко випаровуються, а ті, що залишилися, перетворюються на стійку водно-нафтову емульсію.

Під час випаровування вуглеводнів густина і в'язкість нафтової плівки збільшуються, поверхневий натяг зменшується і розтікання припиняється. Хвилі і течії розбивають плівку на окремі краплі. Дію хвиль і вітру на нафту

підсилюють хімічні диспергатори, які розбивають суцільний шар на дрібні краплі. Формуються емульсії типу «нафта у воді» і «вода в нафті». Такі емульсії можуть існувати більше 100 днів. Диспергатори прискорюють біологічне розкладання нафти, тому що надають бактеріям величезну поверхню для заселення.

З часом утворюються важкі і стійкі агрегати з парафінових і ароматичних вуглеводнів, які осідають на дно. На утворення цих агрегатів йде до 10 % нафти. Важкі фракції нафти, опускаючись на дно, утворюють стійкий до окислення шар на поверхні мулу, в якому гинуть живі організми. Важкі фракції нафти можуть зберігатися в донних опадах протягом багатьох років. При вмісті нафти 0,2 мг/л вода набуває запах гасу, який не усувається навіть при хлоруванні і фільтруванні води. Риба під впливом навіть незначних концентрацій нафтопродуктів набуває стійкого гасового запаху і не може бути згодована навіть худобі. Нафта і нафтопродукти не тільки згубно впливають на всі ланки біологічного ланцюга, але й порушують обмін енергією, волого- і газообмін між атмосферою і водоймами.

Нафта і нафтопродукти відносяться до комплексних забруднювачів, діючими на водні організми. Серед компонентів нафти найбільшу токсичність мають розчинені у воді нафтенові кислоти, феноли та граничні вуглеводні. Наслідком забруднення є гноблення і придушення нормального органічного життя, зміна складу біоценозів, замори риби і загибель нерестовищ. Проведені біологами досліді з найбільш типовими складами бурових розчинів показали, що нормальний розвиток молоді риби у воді можливий лише при розведенні водою відпрацьованого бурового розчину в 26 тисяч разів.

Надходження в море нафти і нафтопродуктів з прибережних територій, затоплюваних при нагонах, призводить до масової загибелі риби, тюленів і птахів.

Джерелами нафтовмісних стоків на нафтобазах і перекачувальних станціях є танкери, резервуари, системи охолодження підшипників насосів і зливі води з території технологічних установок. На НПЗ вода

використовується для виробничих, господарських і протипожежних цілей. Витрата води залежить від схеми і глибини переробки нафти, кількості нафти, що переробляється і числа використовуваних апаратів повітряного охолодження. Сумарна витрата води на НПЗ потужністю 12 млн. т. нафти на рік становить 430000 м³/добу при прямоточній схемі водопостачання. На НПЗ застосовуються теплоносії – пара, гаряча вода, які в результаті технологічних операцій забруднюються різними нафтопродуктами і скидаються в систему каналізації.

Сучасні електрознесоліючі установки (ЕЛЗУ) забезпечують знесолення сумішей, які надходять із вмістом хлоридів 136 мг/л до залишкового вмісту 5,8 мг/л. Для досягнення глибокого знесолення на установках ЕЛЗУ на кожному рівні потрібно додавати до 10 % води, при цьому кількість солоних стоків, які вимагають дорогої біологічної очистки, досягає 20 % від обсягу, що скидається. Вміст нафтопродуктів в дренажній воді, що скидається з установки, становить 217 мг/л.

3.8. Вплив нафтогазових об'єктів на ґрунт, рослинний і тваринний світ

Найважливішим об'єктом екологічних досліджень оцінок впливів є ґрунт. Ґрунт – це основна ланка біогеохімічного кругообігу речовин в екосистемах, це джерело надходження різних речовин в рослини і за трофічними ланцюгами в організм людини. Ґрунти акумулюють забруднювачі в гумусовому горизонті протягом тривалого періоду.

Хімічне забруднення ґрунтів нафтопродуктами, буровими і тампонажними розчинами відбувається при поганій обваловці і слабкій гідроізоляції амбарів. Безпечний рівень надходження забруднювачів визначається порогом самоочищення ґрунту. Найбільш стійке і небезпечне нафтове забруднення. Глибина просочування нафти у піщаних і супіщаних ґрунтах становить 1,0 м і

більше. Сильна забрудненість характеризується проникненням нафти на глибину більше 25 см, слабка – до 10 см.

При слабкому забрудненні нафтою ефективна оранка, що дозволяє розпушувати і перемішувати забруднений шар. Для реанімації ґрунтів з середнім ступенем забрудненості необхідно часткове зняття забрудненого шару, проведення оранки протягом 2–3 років та внесення мінеральних і органічних добрив. Сильне забруднення робить ґрунт непридатним для ведення сільського господарства та водогосподарського використання. Період відновлення ґрунтово-рослинного покриву після забруднення нафтою в кількості 12 л/м² в залежності від кліматичних особливостей може розтягнутися на 25 років.

Трансформація нафти в ґрунтах відбувається в три етапи:

- фізико-хімічне руйнування легких фракцій вуглеводнів;
- мікробіологічне руйнування низькомолекулярних фракцій;
- трансформація високомолекулярних смол.

Нормальні алкани деградують в перші місяці, більш стійкими є циклоалкани і тетраароматичні вуглеводні; високостійкі до деградації пентаароматичні вуглеводні, асфальтени і смоли.

Під час буріння свердловин і видобутку вуглеводнів значні площі земель опиняються в зоні підробки і втрачають свою первісну цінність. Рекультивація порушених територій – це комплекс заходів з відновлення порушеного ґрунтового покриву, біоресурсів, природного та геологічного середовища. Процеси рекультивації повинні носити системний характер і займати рівне становище з процесами експлуатації надр. Рекультивація земель повинна здійснюватися за рахунок коштів видобувних компаній. Ці кошти повинні входити в собівартість готової продукції.

При бурінні свердловин забруднювачами ґрунтів, морських і ґрунтових вод є бурові розчини, що містять різні хімічні реагенти, бурові розчини на нафтовій основі, а також пластові води, які можуть містити в одному кубометрі

до 300 кг солей. На деяких родовищах на кожну добуту тонну нафти з надр витягується до 10 тонн пластових вод.

Найбільший обсяг відходів при бурінні складають бурові стічні води (БСВ), що представляють собою багатокомпонентні суспензії, які містять нафту і нафтопродукти, мінеральні та органічні речовини. У стічних водах в розчиненому вигляді присутні мінеральні солі натрію, калію, кальцію, магнію і хімічні реагенти. Нафтопродукти знаходяться в БСВ в емульгованому і розчиненому станах. Високий рівень забрудненості БСВ не допускає їх скидання в об'єкти природного середовища без попереднього очищення.

Найбільш раціональним та екологічно виправданим методом утилізації БСВ є перехід на замкнутий цикл водопостачання бурової установки, що забезпечить зниження норм водоспоживання. Наприклад, стічні води можна використовувати для приготування тампонажних розчинів. Після закінчення будівництва свердловини БСВ і відходи бурових розчинів (ВБР) слід вивозити на сусідні свердловини для повторного використання.

Одним із важливих завдань природоохоронної діяльності бурових підприємств є впровадження в промислову практику ґрунтозахисних агроекологічних заходів, оскільки встановлено гальмівну дію відходів бурових розчинів і високомінералізованих пластових вод на активність ґрунтів.

Шламові амбари – це токсичне вогнище для прилеглих територій. Щоб уникнути витоків у ґрунт місця розміщення ємностей для зберігання паливно–мастильних матеріалів (ПММ) і розчинів, котлованів для стічних вод і бурового шламу повинні бути обваловані і гідроізолювані. Шламонакопичувачі виводять із сільськогосподарського обігу значні площі. Обстеження шламових амбарів на родовищах, де буріння велося з використанням соленасичених бурових розчинів, показало, що на місці роботи бурової установки площа засолення ґрунтів і підземних вод досягає 4,5 га. При цьому родючість ґрунтів не відновлюється навіть через 11 років після закінчення буріння. Повне розсолення ґрунтів не зафіксовано ні на одній з ділянок, що примикають до раніше пробурених свердловинах.

Дослідження техногенного впливу шламових комор на навколишнє середовище виявило, що вони або взагалі не мають гідроізоляції, або вона порушена і їх вміст проникає в ґрунти на глибину до 80 м. При попаданні ВБР в ґрунт відбувається руйнування ґрунтових ферментів, за рахунок чого знижується продуктивність ґрунтового покриву. Зокрема, при попаданні до ґрунту відходів розчинів, що містять 15 % нафти і нафтопродуктів, урожайність падає практично до нуля і ґрунт не відновлюється протягом тривалого часу - до 15–20 років.

В ході буріння використовують воду з прилеглих водойм або зі спеціально пробурених свердловин. Слід максимально повно використовувати стічні води на технологічні потреби, не допускаючи їх скиду на рельєф. При бурінні однієї свердловини безповоротне споживання і втрати води сягають 3500 м³, а кількість випущених у водойми виробничих стічних вод становить приблизно 1,5 м³ на один метр проходки.

З усіх видів забруднення ґрунтового середовища нафтопродуктами і іншими групами забруднюючих речовин найбільш небезпечним є забруднення горизонту ґрунтових вод, так як токсичні речовини можуть мігрувати на великі відстані, поширюватися за межі первісної ділянки і проникати до водозабірних споруд. Над забрудненою поверхнею підземних вод формується газова оболонка з вуглеводнів.

Нижній безпечний рівень вмісту нафтопродуктів у ґрунтах становить 1000 мг/кг (табл. 3.4). Нижче цього рівня в ґрунтових екосистемах відбуваються процеси самоочищення. Верхній безпечний рівень вмісту нафтопродуктів залежить від типу ґрунту, кліматичної зони і складу нафтопродуктів. Слід зауважити, що досі залишаються недостатньо вивченими питання токсичної активності багатьох використовуваних в бурінні реагентів.

З позиції екологічної безпеки більш кращі механічні способи збору розлитої нафти. Широко використовуються методи, засновані на властивостях деяких матеріалів поглинати нафту: торф, мох, тирса, сіно, поліуретан, целюлоза, смоли. Штучні сорбенти можна використовувати повторно після

регенерації. Поглинаюча здатність комбінованих поглиначів нафти досягає 26 кг/кг, а кратність використання – 30 разів.

Таблиця 3.4 – Рівні забруднення ґрунтів нафтопродуктами

Рівень забруднення	Вміст, мг/кг	Вміст, %
Фоновий	До 100-500	До 0,1-0,05
Низький	500-1000	0,05-0,1
Помірний	1000-5000	0,1-0,5
Середній	5000-10000	0,5-1,0
Високий	10000-50000	1,0-5,0

Перелік хімічних препаратів для використання при ліквідації нафтових розливів налічує понад 200 найменувань. З них розрізняють такі основні групи:

- емульгатори для створення емульсій з метою диспергування нафти і прискорення її розкладання;
- затверджувачі для додання нафти більш густої консистенції і подальшого механічного видалення;
- миючі засоби для змивання нафтових плівок, плям і покриттів з пляжних ділянок.

На перших етапах ліквідації забруднень ґрунтів використовують механічний спосіб видалення шару ґрунту і фізико-хімічні методи очищення: спалювання, промивка або сорбція. Застосування нафторозкладаючих бактерій-біодеструкторів дозволяє знижувати забруднення лише в поверхневому шарі ґрунту. До того ж процес цей займає 2–3 сезони. Процес самоочищення під дією природної мікрофлори є тривалим – до 25 років. Цей період можна скоротити на 5–7 років, застосовуючи розпушування або внесення сорбентів. Залишкова нафта за хімічним складом являє собою бітум, що дає підставу вважати процес деструкції закінченим. На остаточній стадії рекультивації використовують посів нафтостійких рослин: конюшина, щавель, осока та ін.

Найбільш ефективний метод – біотехнології, засновані на окислюванні нафтопродуктів мікроорганізмами. В результаті відбувається розщеплення вуглеводнів, їх мінералізація і подальша гуміфікація.

У глобальному плані кількість нафтошламів в накопичувачах і масштаби забруднень ґрунтів збільшуються. Відновлення порушених земель значно відстає від темпів забруднення, тому що очищення ґрунту від нафтопродуктів являє собою складну проблему і вимагає високих витрат. Вартість рекультивації сильно забруднених ділянок сягає 150 тисяч доларів за гектар.

Хімічні реагенти використовуються також і при розробці нафтових родовищ методом підтримання пластового тиску. У разі внутрішньоконтурного заводнення пластів витрата води становить до 2 м³ на тонну видобутої нафти, а при площадковому заводненні – більше 15 м³ на тонну видобутої нафти.

Негативний вплив нафтовидобутку на лісовий фонд, як правило, виходить за межі відведених площ на 25–35 %. Прилегла територія захаращується, кількість лісових пожеж з початком нафтовидобутку збільшується в три рази.

На трасах ЛЕП (ліній електропередач) та зв'язку залишається до 80 % зрубаної деревини, розкиданої або зрушеною до стін лісу. Це підвищує пожежонебезпечність і появу шкідників лісу.

Трубопроводи поряд з автодорогами знаходяться на першому місці серед лінійних об'єктів за масштабами негативного впливу на рослинність і ґрунт. Для одностикових трубопроводів ширина трас залежно від діаметра труб становить 20–32 м при ширині коридорів комунікацій 80–220 м. У міру старіння труб утворюються свищі та аварійні прориви, внаслідок цього прилеглі території забруднюються нафтою і мінералізованими водами.

Центральні пункти збору та підготовки нафти, газу і води відносять до екологічно небезпечних об'єктів. При їх будівництві та експлуатації на відведених площі повністю вирубується деревостій, знищується живий ґрунтовий покрив, 40 % території забруднюється нафтопродуктами, мінералізованими водами і хімічними реактивами. Шум машин, факели і присутність людей відлякують диких тварин.

Експлуатаційні бурові майданчики (кущі свердловин) – найбільш небезпечні об'єкти нафтовидобутку. Періодичний слив у комори сумішей

різних токсикантів робить вміст комор непередбачуваним, а їх саморекультивуацію неможливою.

Будівництво та експлуатація свердловин супроводжується знищенням ґрунтового покриву на 80 %, забрудненням майданчиків нафтою, буровими розчинами і хімічними реактивами на 40 %. Фактичні та нормативні розміри майданчиків збігаються рідко: в середньому фактичні площі кушів свердловин у два рази перевищують норматив відведення земель у постійне користування.

Негативний вплив факелів поширюється на територію, яка в 3–4 рази перевищує площу відводу. Це обумовлено споживанням кисню, тепловим випромінюванням, забрудненням атмосфери, рослинності та ґрунту продуктами неповного згоряння вуглеводнів, оксидами елементу Карбону, азоту і сірки й іншими речовинами. На площі впливу знищується деревостій, забруднюються мазутом і спікаються ґрунти.

Аварійні розливи нафти – найбільш серйозний чинник порушення біоценозів і ґрунтів на прилеглих територіях. Деградаційні зміни фітоценозів на ділянках помірного забруднення оборотні, та рекультивація ґрунту не потрібна. Однак площі таких забруднень становлять менше 5 %.

Найбільш токсична група вуглеводнів з температурою кипіння від 150 до 275 °С. Вуглеводні з більш низькою температурою кипіння менш токсичні, оскільки швидко випаровуються, не встигаючи проникнути в рослинну тканину. Основна причина загибелі рослинності – порушення кисневого обміну в системі «ґрунт-рослина». Цей вид забруднень згубний для комах і черв'яків. Нафта витісняє кисень з ґрунту, тому оранка на забрудненій території і посадка певних видів рослин є найбільш дієвим прийомом рекультивації.

При попаданні в річкові води нафти і її продуктів вони можуть розчинятися в межах 10–30 мг/дм³. При концентрації близько 0,1 мг/дм³ гине ікра і молодь риб. При 0,1–1,0 мг/дм³ гине планктон, при 10–15 мг/дм³ гине доросла риба.

Кількість промислових стічних вод високої мінералізації може досягати 3 м³ на 1 т видобутої нафти. Основні забруднювачі – хлориди, рідше сульфати,

натрій, кальцій і вуглеводні. Ці ж води при заводненні свердловин можуть стати забруднювачами прісних горизонтів.

Буріння свердловин пов'язане зі споживанням великих обсягів води. На 1 м проходки витрачається близько $1,0 \text{ м}^3$ води, яка забруднюється токсичними речовинами. Склад бурових стічних вод (БСВ) залежить від мінералогічного складу порід, сольових товщ і розсолів, реагентів, що застосовуються. На багато речовин, що використовуються в бурінні, немає методик визначення ГДК в середовищах. Наприклад, глинопорошків існує кілька десятків модифікацій з різного роду лужними і полімерними добавками. У складі розчинів завжди застосовують мастильні добавки, ПАР, реагенти та інші інгредієнти.

У відпрацьованих бурових розчинах (ВБР) містяться такі елементи I і II класів небезпеки, як свинець, ртуть, фосфор, кадмій, цинк, мідь, кобальт, зміст яких у багато десятків разів перевищує ГДК у воді. Скидання БСВ в природне середовище неприпустимі, тому в процесі будівництва свердловин необхідно передбачити максимальну утилізацію цих вод. Найбільш екологічно виправданим методом є перехід на повністю або частково замкнутий цикл водозабезпечення бурової.

БСВ, які пройшли обробку (центрифугування, хімічну коагуляцію, електрокоагуляцію), подаються у відстійники на 2–4 години, далі осад перекачується в шламову комору для знешкодження та утилізації.

3.9. Вплив об'єктів нафтогазовидобутку на геологічне середовище

В даний час доведено, що аномальні зміни флюїдного і температурного режимів осадового чохла, локалізовані сейсмологічні прояви та аварії на промислах прямо або опосередковано пов'язані із зміною напружено-деформованого стану (НДС) земної кори. Еволюція сучасної геодинаміки земних надр дозволяє по-новому розглядати багато природних явищ і вирішувати прикладні завдання нафтопромислової геології.

При розгляді динаміки земної кори використовують модель, яка включає в себе глобальну систему з 15 тектонічних плит: Євразійську, Африканську та ін. У найбільш активних сейсмічних зонах плити мають менші розміри: Індійська, Аравійська та ін. Основні геологічні події відбуваються межах тектонічних плит. У тих місцях, де плити зіштовхуються (зони субдукції), розвиваються великі тектонічні натиски, змінюється рельєф, формуються гори, відбувається вулканічна діяльність, активізуються сейсмічні події.

Зміна напружено-деформованого стану надр і як наслідок зміна флюїдного режиму за рахунок руху земної кори підтверджується, комплексом спостережень поблизу кордону зіткнення Євразійської і Аравійської тектонічних плит. Як результат цього зіткнення утворилися молоді Кавказькі гори. Історія геодинамічного розвитку Кавказу пов'язана з початком формування в кайнозої рифта в районі Червоного моря. Динамічний вплив Аравійської плити, яка рухається в північно-східному напрямку, проявляється в горизонтальних стискаючих деформаціях в межах Кавказького і Каспійського регіонів.

Характерно, що швидкості спрединга в межах рифта Червоного моря і швидкості стиснення в межах Кавказу близькі за величиною і складають 1,5–2,0 см/рік. Тектонічна активність цієї території виражається в значних горизонтальних і вертикальних рухах. Ця активність знайшла своє відображення в морфологічному вигляді надвижних структур і у розподілі зон з аномально високим пластовим тиском.

Спільний аналіз геодезичної і промислової інформації показав, що в межах ділянок підняття поверхні до 32 мм (стан тектонічного стиску) тенденція щодо видобутку нафти зростала. В межах, що осідають до 16 мм ділянок (ослаблення зусиль стиснення або стан розтягування), спостерігалось різке зниження видобутку нафти.

До нового класу геодинамічних явищ відносяться техногенні (індуковані, наведені) тектонічні рухи. Такого роду явища, пов'язані з розробкою родовищ,

зафіксовані в багатьох нафтогазових басейнах. Причиною подібних сильних геодинамічних подій є комбінація кількох факторів:

- тривалий інтенсивний видобуток вуглеводнів, що приводить до зміни поля напружень в резервуарі і його околиці: відмічено, що на газових родовищах сейсмічна активність проявляється раніше (через 2–16 років), на нафтових - пізніше (через 7–30 і більше років);
- наявність потужних тектонічних напружень, девіаторна складова яких може реагувати сильним відгуком навіть на малі техногенні впливи (відбір - закачування флюїду); техногенні сейсмічні події з вогнищами в межах резервуарів вуглеводнів не перевищують за магнітудою 3,5 балів;
- фізико-механічна неоднорідність продуктивного пласта, поверхні і вміщуючих порід, зокрема існування різноорієнтованих сучасних розломів в регіональному полі напруг; вогнища землетрусів поза резервуарів вуглеводнів, які контролюються розломами, схильними до зсувних деформацій, характеризуються більшою магнітудою – до 5,0 балів.

До показників техногенних подій і явищ, зареєстрованих на розроблюваних родовищах нафти і газу, відносяться також деформаційні події:

- опади земної поверхні до 4 м і більше, накопичені за рахунок тривалого відбору флюїдів;
- поверхневі утворення розломів до 0,5 м, викликані горизонтальним розтягуванням.

У процесі відбору вуглеводнів аномальні деформації земної поверхні відбуваються

- при наявності високої пористості і сильного стиснення колекторів і суміжних порід;
- при відносно невеликих глибинах залягання і значної потужності продуктивних горизонтів;
- при наявності в багатопластових покладах розмивних флюїдами проміжних пластів.

Розробка родовищ в ряді випадків провокує техногенні землетруси. При інтенсивному відборі флюїдів, а також при інтенсивному закачуванні в пласт рідини можуть виникати сейсмічні події. Техногенні сейсмоподії з епіцентрами в продуктивній товщі характеризуються магнітудою до 3,5, а з епіцентрами вище або нижче пласта – до 4,5. На Старогрозненському родовищі в 1971 році стався землетрус в 7 балів з глибиною епіцентра 2,5 км в частині покладу перед зводом пластів. Через кілька годин повторний землетрус в 5 балів було зареєстровано на глибині 5 км. На території Ромашкінського родовища в 1986 році зареєстровано 15 землетрусів з глибиною епіцентра до 10 км і силою в епіцентрі 5–6 балів.

Положення епіцентрів індукованих землетрусів визначається розломами, які схильні до зсувних деформацій. Через 15–20 років після початку розробки родовища часто відбувається поверхнєве утворення розломів, яке має особливу руйнівну відносно об'єктів облаштування нафтогазових промислів. При цьому поверхнєві тріщини проникають на глибину до кількох сотень метрів, а протяжність поверхневих розривів часом складає десятки кілометрів.

Приклади типових техногенних землетрусів, що сталися на нафтогазових родовищах, наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4. – Параметри типових техногенних землетрусів на нафтогазових родовищах

Назва родовища	Рік початку розробки; рік початку реєстрації сейсмічності	Глибина покладів, які знаходяться в розробці	Глибина осередку землетрусу	Магнітуда (число землетрусів)
Газове родовище Лак (Франція)	1957 1969	3500–4500	2500–3500	4,2 (близько 1000 за 10 років)
Нафтове родовище Gogdel (Канада)	1960 1979	880	900	3,5 (480 за 5 років)

Нафтове родовище Gogdel (США)	1949 1974	2100	1900–2100	4,7 (20 за 11 років)
Нафтове родовище Wilmington (США)	1926 1947	760–1830	500	3,9
Нафтове родовище Долина (Україна)	1950 1976	2500	2500-300	6,0 (більше 100 в 1976 р.)

До початку розробки покладів продуктивний колектор знаходиться під впливом тиску гірських порід, що залягають вище. Внутрішньопоровий тиск в поклади протистоїть частині гірського тиску. У процесі розробки покладу пластовий тиск зменшується, через що зменшується ефективний модуль деформації продуктивного пласта. В результаті змінюється ПДВ масиву, що залягає вище продуктивного пласта і підстилаючих порід. Порода-колектор під дією ваги вищезалягаючого масиву дає осад, і цей осад поступово передається на денну поверхню.

Інтенсивні осідання земної поверхні спостерігаються на десятках родовищ, що розробляються. На багатьох з них осідання поверхні становлять кілька метрів. Наприклад, на родовищі Вілмінгтон (Каліфорнія) осідання поверхні складає 9 м, після чого місто довелося захищати від затоплення дамбою. Дно Північного моря над родовищем Екофіск (Норвегія) просіло настільки, що висота верхніх будов експлуатаційних платформ над рівнем моря знизилася до критичної. Компанія була змушена провести дорогу операцію по нарощуванню опорних стійок декількох платформ. Ознаки осідання проявилися також у формі руйнування обсадних колон декількох експлуатаційних свердловин. На нафтових родовищах в районі озера Маракайбо (Венесуела) опускання поверхні досягло 4 м і супроводжувалося утворенням системи тріщин на землі шириною в десятки сантиметрів і глибиною в кілька метрів.

Дослідження показують, що просідання земної поверхні може перевищувати величину просідання продуктивного пласта за рахунок залучення в процес стискання сусідніх порід. Осідання може посилитися за рахунок еміграції флюїдів з суміжних пластів-неколекторів. Максимальні просідання відбуваються над ділянками покладів з високими колекторськими властивостями і найбільшими коефіцієнтами вилучення нафти. При цьому трапляються істотні горизонтальні зміщення ґрунту, що призводять до деформацій інженерних споруд.

Активізація глибинних і поверхневих розломів, просідання і горизонтальні зрушення, масові локалізовані прояви сейсмічної активності і аварії на нафтопромислових об'єктах прямо або опосередковані пов'язані із зміною напружено-деформованого стану земної кори, викликаним як глобальними процесами, так і розробкою родовищ. З цієї точки зору розробку великих нафтогазових родовищ слід проводити з максимальною обережністю. Робити це можна тільки після оцінки екологічного та технічного ризику з урахуванням можливих наслідків для розміщених в регіоні промислових об'єктів і населених пунктів.

Питання для самоконтролю

1. За рахунок чого відбувається забруднення атмосфери при аварійних розливах нафти?
2. Яка максимальна разова ГДК для оксиду елементу Карбону в населених пунктах?
3. Які можуть бути установки за способом розташування факельного пальника ?
4. Через що сповільнюється фотосинтез в процесі розробки морських родовищ?
5. Назвіть перший етап трансформації нафти в ґрунтах.
6. На скільки падає урожайність на ґрунті, до якого потрапили відходи розчинів, що містять 15 % нафти і нафтопродуктів?

7. Які водні організми гинуть за концентрації нафти та нафтопродуктів в річковій воді близько 0,1 мг/дм³.
8. До нового класу геодинамічних явищ відносяться техногенні тектонічні рухи. Перелічіть комбінації факторів, з якими вони пов'язані.
9. За рахунок чого відбуваються аномальні деформації земної поверхні у процесі відбору вуглеводнів?
10. Чи випаровуються важкі фракції з ланцюжками атомів C₂₅ і вище?

Питання для підготовки до поточного контролю

1. Знати показники техногенних подій і явищ, зареєстрованих на розроблюваних родовищах нафти і газу.
2. Знати параметри типових техногенних землетрусів на нафтогазових родовищах
3. Знати рівні забруднення ґрунтів нафтопродуктами.
4. Знати, з якою температурою кипіння існує найбільш токсична група вуглеводнів.
5. Знати перелік основних груп хімічних препаратів для використання при ліквідації нафтових розливів.
6. Знати три етапи трансформації нафти в ґрунтах.
7. Як формуються емульсії типу «нафта у воді» і «вода в нафті»?
8. Знати, що називається вищою теплотою згоряння палива.
9. Знати питому вагу викидів вуглеводнів в атмосферу з поверхні розливої нафти за різних температур та тривалості випаровування.
10. Знати замкнений ланцюг процесів, що відображають рух елементу Карбону і трансформацію його станів.
11. Знати в результаті якого процесу утворюється органічна речовина.

РОЗДІЛ 4

Методи екологічного моніторингу. Комплекс заходів з обмеження вуглеводневого забруднення нафтогазоносних територій

4.1. Методи контролю вуглеводневого забруднення

Моніторинг нафтових забруднень навколишнього природного середовища є одним з найбільш складних завдань. Забезпечення надійного економічного контролю неможливе без розробки і застосування сучасних вимірів. У таблиці 4.1 приведені методи контролю нафтопродуктів при вуглеводневому забрудненні в різних об'єктах довкілля.

Таблиця 4.1 – Методи контролю вуглеводневого забруднення

Об'єкти аналізу	Метод вимірювання	Діапазон вимірювання, мг/дм ³	Межі похибки (p= 0,95)%
Питні, поверхневі, підземні води	ФЛ	0,005 – 0,1; 0,1 – 0,5; 0,5 – 50	± 65; ± 50; ± 25;
Питні води	СФ з використанням КХ	0,05 – 0,1; 0,1 – 0,5	± 50; ± 40;
Природні, стічні води	ІЧС	0,05–0,10; 0,10–1,0; 1,0 – 25; 25–50	± 0,68; ± 0,24; ± 0,10;
Природні, питні, стічні води	ФЛ	0,005 – 0,10; 0,10 – 0,50; 0,50 – 50	± 65; ±50;± 25;
Природні, очищені, стічні води	КХ КХ з гравіметричним закінченням ІЧ	0,02 – 2; 0,3 – 0,9; 0,3 –0,5; 0,5 - 30 0,04 - 2,0	± (0009+0,2 0); ±50; ±25; ± 50; ± 25; ±10; ± (0,01+0,1 9);
Стічні води	Гравіметричний	1–50; 50 – 100; 0,25 - 12,5; 12,5 – 10	-
Питні, Природні води	ГХ	0,02–0,4	± 50;
Питні, природні, стічні води	ГХ та ІЧС закінченням	0,05–0,1; 0,1–0,5	± 50; ± 40;
Морські води	ІЧ	0,1–1,0	± 20

Ґрунти, донні відклади	ІЧ	НП	20–90–1 млн 90–950–1 мин	± 21 ± 7
Ґрунти, донні відклади , води	ІЧ	НП		$\pm 5 \cdot 10^{-4}$
Повітря	ГХ	УВ ком- поненти нафти в суміші з повітрям	2,0 - 95,0 об'єм. %	± 25

Примітка: ФЛ - флюорометрія; СФ– спектрофотометрія; КХ - колонкова хроматографія; ГХ - газова хроматографія; ІЧС - інфрачервона спектрометрія; ІЧ - інфрачервона фотометрія

Найбільше поширення при кількісних оцінках рівня вуглеводневого забруднення отримали методи інфрачервоної спектрофотометрії, ультрафіолетової люмінесценції, газової і газорідинної хроматографії (ГЖХ). Методи інфрачервоної спектрофотометрії і ГЖХ використовуються також для ідентифікації типів нафт в технологічних цілях (при переробці) і в цілях виявлення джерела забруднення.

4.2. ІЧ-спектрофотометрія

Усі органічні речовини мають в інфрачервоному діапазоні свої індивідуальні спектри поглинання. Положення полос поглинання в ІЧ-спектрах речовин характеризується хвильовим числом ν , см^{-1} , або в одиницях довжини хвилі, мкм. Для ІЧ-аналізу вуглеводнів використовують діапазон від 0,7 до 25 мкм, який зазвичай розділяють на три області: ближній 0,7–2,5 мкм, або $14300\text{--}5000\text{ см}^{-1}$, область основних частот – 2,5–6 мкм, або $4000\text{--}1600\text{ см}^{-1}$, далеку 6–25 мкм, або $400\text{--}1600\text{ см}^{-1}$.

На даний час частіше використовується область основних частот. Нормативні документи щодо аналізу сумарних забруднень навколишнього середовища нафтопродуктами з ІЧ спектрометричним закінченням регламентують проведення вимірів в інтервалі довжин хвиль 3,30–3,5 мкм.

Стандартна суміш, що містить 37,5 % ізооктану, 37,5 % метану, 25 % бензолу, призначена для калібровки приладів в цій області. Це забезпечується рядом причин: особливістю приладової бази (досить чутливі і дешеві приймальні пристрої – фоторезистори без охолодження або піроелектричні приймачі, кварцева оптика, прості оптичні схеми); наявністю інтенсивних смуг поглинання 2960 см^{-1} (3,38 мкм), 2924 см^{-1} (3,42 мкм), 2850 см^{-1} (3,5 мкм).

Далека ІЧ-область використовується в основному для ідентифікації джерела забруднення, а також для визначення типів нафти.

Аналіз за допомогою ІЧ-спектрометрії вимагає малої кількості речовини будь-якої молекулярної маси у будь-якому агрегатному стані. Що стосується приладів для ІЧ-спектроскопії, принципово новим кроком стало створення лабораторних ІЧ-спектрометрів на основі Фур'є-перетворення (таблиця 4.2). Слід зауважити, що більшість вітчизняних і зарубіжних портативних ІЧ-аналізаторів нафтопродуктів проводять вимір концентрацій нафтових забруднень на одній довжині хвилі. З цього ряду слід виділити прилад ІЧАН-1, в якому передбачена можливість установки будь-якої довжини хвилі в діапазоні від 1,85 до 3,5 мкм з індикацією її значення на цифровому табло. Це дає принципово нову можливість проводити аналіз багатокомпонентних сумішей на декількох довжинах хвиль, що дозволяє реалізувати виміри за стандартною методикою. Крім того, за допомогою цього приладу можливе визначення інших органічних речовин.

Таблиця 4.2 – Прибори для аналізу вуглеводнів в об'єктах довкілля

Прилад	Середовище	Діапазон	Робоча довжина хвилі, мкмД, °С	Похибка, %
ІЧ-прилади				
ІКАН-1	Природні, стічні води	0,05–1000 мг/дм ³	1,85–3,5	> 2
КН-2	Теж саме	0,05–5– мг/дм ³	3,39	± (2-3)
ІЧС-Фур'є ФСЛ- 05 (лаб.)	Вода, повітря, ґрунт	0,4 мг/дм ³	2,5–22,2	> 0,1
ІЧС-Фур'є ФСМ- 001	Повітря	–	2,5–22,2; 1,1	> 0,1
Хроматографи				
Коліон-1	Повітря	0,5 - 2000 мг/м ³	(–10)–45 °С	-
Періан-1	Теж саме	До 300 мг/м ³	50–100 °С	-
Хромет 1020	Теж саме	2·10 ⁻¹² г (за бензолу)	До 400 °С	-
Ехо	Теж саме	До 0,1 ГДК (за бензолом)		
Флуориметри				
Флюорат 411	Технічні очищені води	0,05 мг/л	0–45 °С	
Флюорат-02, 02М, 03	Вода, повітря	0,01–10 мг/л НП	0,2–0,65	> 3
		0,001 мг/л СПАР 0,00001 мг/л		
Флюорат-02	ґрунт	0,005–20 мг/г	–	± (35–45)

4.3. Люмінесцентні методи

Люмінесцентні методи характеризуються високою експресністю і чутливістю, що дозволяє їх використовувати для систематичного контролю за станом біосфери і гідросфери і для визначення мікроелементів, а також сумарного вмісту забруднюючих органічних речовин та індивідуальних органічних сполук.

Люмінесцентний метод відносять до числа найбільш чутливих емісійних методів визначення слідових кількостей органічних і неорганічних домішок в повітрі. Люмінесцентний аналіз застосовують при визначенні в повітрі поліароматичних вуглеводнів і їх похідних. Якщо визначувана сполука не виявляється люмінесцентним методом аналізу, можливий переклад його в похідне, таке, що має емісію флуоресценції. Для кількісного аналізу використовують також явище гасіння люмінесценції.

Прилади для люмінесцентного аналізу (таблиця 4.2) можуть бути розділені на дві групи: флуориметри і спектрофлуориметри. У флуориметрах використовують світлофільтри, а в спектрофлуориметрах - дифракційні ґрати. Найбільше поширення у даний час має люмінесцентний фотометричний аналізатор Флюорат-02. В цьому приладі джерелом збудження люмінесценції служить газорозрядна лампа (для виміру нафтопродуктів - ксенонова). Спектральна селекція здійснюється інтерференційними і скляними світлофільтрами, або монохроматором. ПриймачЕМ збуджуваного світла люмінесценції служить фотоелектронний помножувач (ФЕП). Пробопідготовка при аналізі нафтопродуктів у воді проводиться екстракцією гексаном. Прилад дозволяє вимірювати вміст цілого ряду елементів і органічних речовин, у тому числі нафтопродуктів, фенолів, ПАР, поліароматичних вуглеводнів. Незважаючи на високу чутливість люмінесцентного методу, при використанні приладу типу Флюорат-02 для виміру сумарного вмісту нафтопродуктів виникає проблема калібрування приладу по стандартному розчину, що необхідно для отримання достовірних результатів. Проте до теперішнього часу такий стандартний розчин для люмінесцентних методів відсутній. В результаті

при вимірах «важких» нафтопродуктів (мазут) прилад може дати похибку до 40–50%, а при визначенні «легких» нафтопродуктів (бензин та інші) результати вимірів концентрацій можуть бути занижені у декілька разів.

До теперішнього часу створена багато методик для екологічного моніторингу нафт і нафтопродуктів. Проте з точки зору екології не можна вважати закритим питання про розробку найбільш оптимальних методів визначення і ідентифікації нафт і нафтопродуктів, оскільки у кожного методу є свої переваги і недоліки. До того ж саме поняття «нафтопродукт» дуже розпливчате, особливо з урахуванням мінливості хімічного складу нафт і нафтопродуктів. Потрібний моніторинг нафтопродуктів з одночасною ідентифікацією і розшифровкою його хімічного складу. Найбільш перспективними в цьому відношенні є методи газової, газорідинної або високоефективної рідинної хроматографії.

Питання для самоконтролю

1. Який діапазон використовують для ІЧ-аналізу вуглеводнів?
2. В якому інтервалі довжин хвиль регламентують проведення вимірів нафтопродуктів з ІЧ-спектрометричним закінченням?
3. Який склад стандартної суміші, що призначена для калібровки приладів щодо аналізу сумарних забруднень навколишнього середовища нафтопродуктами з ІЧ-спектрометричним закінченням.
4. Які основні технічні характеристики ІЧ-приборів і флуориметрів?

4.4 Дистанційні методи моніторингу

Одним з основних джерел даних для екологічного моніторингу є матеріали дистанційного зондування (ДЗ). Вони об'єднують усі типи даних, що отримуються з носіїв :

– космічні (пілотовані орбітальні станції, кораблі багаторазового використання, автономні супутникові знімальні системи і тому подібне);

– авіаційного базування (літаки, вертольоти і керовані по радіо мікроавіаційні апарати), що складають значну частину дистанційних даних (remotely sensed data) як антоніма контактних (передусім наземних) видів зйомок, способів отримання даних вимірювальними системами в умовах фізичного контакту з об'єктом зйомки;

– до неконтактних (дистанційних) методів зйомки, окрім аерокосмічних, відносяться різноманітні методи морського (навідного) і наземного базування, включаючи, наприклад, зйомку фототеодоліта, сейсмо й електромагніторозвідку і інші методи геофізичного зондування надр, гідроакустичні зйомки рельєфу морського дна за допомогою гідролокаторів бічного огляду, інші способи, засновані на реєстрації власного або відбитого сигналу хвильової природи.

Дистанційне зондування здійснюється спеціальними приладами–датчиками. Датчики можуть бути пасивними і активними, причому пасивні датчики уловлюють відбите або таке, що випускається, природне випромінювання, а активні датчики здатні самі випромінювати необхідний сигнал і фіксувати його віддзеркалення від об'єкту.

До пасивних датчиків відносяться оптичні і скануючі пристрої, діючі в діапазоні відбитого сонячного випромінювання, включаючи ультрафіолетовий, видимий і ближній інфрачервоний діапазони.

До активних датчиків відносяться радарні пристрої, скануючі лазери, мікрохвильові радіометри та ін. Нині в області розробки оперативних космічних електронних систем дистанційного зондування намітилася тенденція до комбінованого використання різних багатоканальних, багатоцільових датчиків з високим розділенням, включаючи всепогодне устаткування. Разом з цим, як і раніше, використовуються неоперативні космічні системи з панхроматичним фотоустаткуванням і багатоспектральними фотокамерами, що забезпечують високе розділення і геометричну точність.

Результати дистанційних вимірів, здійснюваних за допомогою бортової інформаційно-вимірювальної апаратури аерокосмічної системи, є реєстрацією в

аналоговій або цифровій формі характеристик електромагнітного випромінювання, відбитого від ділянок земної (водної) поверхні або власного випромінювання цих ділянок.

В умовах хмарності, покриваючої 70–80 % поверхні Землі, зондування в мікрохвильовому діапазоні дозволяє реєструвати випромінювання крізь хмари, в цих умовах в міліметровому і сантиметровому діапазонах ще необхідно враховувати вплив атмосфери, а в дециметровому діапазоні в цьому немає необхідності.

На даний момент роблять знімки наступних типів – телевізійні і сканери з супутників подвійного призначення і ресурсних супутників.

Ці знімки бувають декількох видів:

- малої здатності 1 км (NOAA, США) і більше;
- середньої здатності 150–200 м (Ресурс-0, Метеор-природа);
- високої здатності від 5 (SPOT) до 30-40 м (Landsat TM, Ресурс-0 та ін.);
- надвисокої здатності від 0,6 до 5 м (QuickBird - 2, США; TES, Індія; Ikonos, США та ін.).

У 2001 році сталася подія, яка знаменує собою новий етап розвитку космічних засобів дистанційного зондування (ДЗ), комерційні системи наблизилися до «півметрового рубежу» просторової здатності. Цьому сприяв запуск 18 жовтня 2001 року космічного апарату (КА) QuickBird - 2. Максимальна протяжність одного маршруту - 10 кадрів, що при розмірі одного кадру $16,5 \times 16,5$ км складає 165 км. Максимальна площа земної поверхні, яку можна зняти за один цикл площадкової зйомки, 2×2 кадри.

Із запуском 22 жовтня 2001 року експериментального супутника TES (Test Evaluation Satellite) Індія також стала космічною державою, що створила супутник зі знімальною апаратурою метрового дозволу. КА TES створений за завданням Міністерства оборони Індії.

Основний корисний вантаж супутника – панхроматична оптико-електронна система, що дозволяє отримувати зображення з просторовим дозволом 1 м. Супутник може робити високодетальну зйомку однієї і тієї ж

ділянки місцевості кожні три дні, отримувати декілька знімків одного і того ж сюжету на одному витку.

На знімках сканерів хорошої якості, особливо на кольорових синтезованих, в цілому виділяються ті ж об'єкти, що і на фотографічних знімках, але при цьому забезпечується регулярна повторюваність зйомки і зручність автоматизованого введення у бази даних, оскільки вони поступають в цифровому виді.

Після довгої перерви в Росії в 2002 році був запущений КА Метеор-3М № 1. На ньому разом з традиційним для метеосупутників набором знімальної апаратури низького дозволу встановлена камера МСУ-Е з просторовою здатністю 32–38 м.

Останніми роками все більше значення надається гіперспектральній зйомці. Так, на борту штучного супутника Землі EO-1 встановлений гіперспектральний датчик Hyperion, який працює в 220 зонах видимої і ІЧ-області (0,4–2,5 мкм) спектру. Прилад забезпечує проведення зйомок з просторовою здатністю 30 м і високою радіометричною точністю.

Істотним кроком в розвитку технологій космічної радіолокації дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) стала реалізована в 2000 році з борту космічного корабля Endeavour міжнародна «Програма топографічної зйомки радіолокації рельєфу в масштабі 1:25000».

Відмітимо, що для супутників подвійного призначення здатність знімків завжди більше в порівнянні з комерційними супутниками.

Приведемо таблицю розподілу спектральних каналів і сфери застосування цих каналів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. – Основні характеристики спектральних каналів (для Landsat - 7)

Номер каналу	Діапазон спектру (мкм)	Дозвіл (м/піксель)	Назва
1	0,45–0,515	30	Блакитний
2	0,525–0,605	30	Зелений

3	0,63–0,69	30	Червоний
4	0,775–0,90	30	Ближній інфрачервоний
5	1,55–1,75	30	Середній інфрачервоний
6	10,40–12,5	60	Довгохвильовий інфрачервоний
7	2,09–2,35	30	Середній інфрачервоний
8	0,525–0,90	15	Панхроматичний (4,3,2)

1-й канал (блакитний) :

– найбільш чутливий до атмосферних газів, і, отже, зображення може бути малоконтрастним;

– має найбільшу водопроникність (довгі хвилі більше поглинаються), тобто оптимальний для виявлення підводної рослинності, факелів викидів, каламутності води і водних опадів;

– корисний для виявлення димових факелів (оскільки короткі хвилі легше розсіюються маленькими частками);

– добре відрізняє хмари від снігу і гірських порід, а також голі ґрунти від ділянок з рослинністю.

2-й канал (зелений) :

– чутливий до відмінностей каламутності води, осадових шлейфів і факелів викидів;

– охоплює пік відбивної здатності поверхонь листя, може бути корисний для розрізнення великих класів рослинності;

– також корисний для виявлення підводної рослинності.

3-й канал (червоний) :

- чутливий в зоні сильного поглинання хлорофілу, тобто добре розпізнає ґрунти і рослинність;

- чутливий в зоні високої відбивної здатності для більшості ґрунтів;

- корисний для оконтурювання снігового покриву.

4-й канал (ближній інфрачервоний) :

- розрізняє рослинне різноманіття;

- може бути використаний для оконтурювання водних об'єктів і розподілу сухих і вологих ґрунтів, оскільки вода сильно поглинає ближні інфрачервоні хвилі.

5-й канал (середній або короткохвильовий інфрачервоний) :

- чутливий до зміни вмісту води в тканинах листя (набрякає);

- чутливий до варіювання вологості в рослинності і ґрунтах (відбивна здатність зменшується при зростанні вмісту води);

- корисний для визначення енергії рослин і відділення сукулентів від деревної рослинності;

- особливо чутливий до наявності/відсутності тривалентного заліза в гірських породах (відбивна здатність зростає при збільшенні кількості тривалентного заліза);

- відрізняє лід і сніг (світлий тон) від хмар (темний тон).

6-й канал (довгохвильовий інфрачервоний або тепловий) :

- датчики призначені для виміру температури випромінюючої поверхні від - 100 до +150°C;

- підходить для денного і нічного використання;

- застосування теплової зйомки : аналіз вологості ґрунтів, типів гірських порід, виявлення теплового забруднення води, побутового скупчення тепла, джерел міського виробництва тепла, інвентаризація живої природи, виявлення геотермальних зон.

7 канал (середній, або короткохвильовий інфрачервоний) :

- співпадає із смугою поглинання випромінювання гідромінералами (глинисті сланці, деякі оксиди і сульфати), завдяки чому вони виглядають темними;

- корисний для літологічної зйомки;

- як і 5-й канал, чутливий до варіювання вологи в рослинності і ґрунтах.

8 канал (панхроматичний - 4,3,2) :

- найбільш типова комбінація каналів, використовувана в дистанційному зондуванні для аналізу рослинності, зернових культур, землекористування і водно-болотних угідь.

Багатозональна зйомка ведеться багато років, і дослідники накопичили великий об'єм емпіричних даних. Вже добре відомо, які співвідношення яскравості в різних зонах спектру відповідають рослинності, ґрунту, водним поверхням, урбанізованим територіям і іншим поширеним типам ландшафту, існують бібліотеки спектрів різних природних утворень. Співвідношення у вигляді лінійних комбінацій різних зон дозволяють отримувати так звані індекси. Для багатьох сучасних систем дистанційного зондування Землі, що здійснюють зйомку у видимій червоній і ближній інфрачервоній частинах спектру, застосовують метод є обчислення нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI). Нормалізований вегетаційний індекс показує наявність і стан рослинності за співвідношенням відбитих енергій в двох спектральних каналах. Ця залежність заснована на різних спектральних властивостях хлорофілу у видимому і ближньому ГІК діапазонах.

Веgetаційні індекси можна розглядати як проміжний етап при переході від емпіричних показників до реальних фізичних властивостей рослинного покриву. При класифікації рослинного покриву за цифровими зображеннями часто використовують індекс площі листя – LAI (Leaf Area Index). Є формули переходу від NDVI до LAI.

Індекс LAI можна виміряти в натурних умовах. Нині в Інтернет щомісячно публікуються растрові зображення LAI (просторовий дозвіл 250 м) на весь світ. Ці дані у поєднанні з методами класифікації мультиспектральних

зображень можуть значно підвищити достовірність при обробці зображень в експертних системах, що враховують чимало різної інформації

Аналіз зображень, заснований тільки на спектральних властивостях об'єктів, обмежує можливості отримання інформації про структуру насаджень. У основі текстурного аналізу зображень лежить пошук закономірностей просторової варіабельної пікселя і його оточення. Проведення текстурного аналізу цифрових космознімків дозволяє автоматично розділяти насадження виділу, за відмінностями в їх структури, оскільки зміна текстурних показників пов'язана зі змінами в розподілі рослинного покриву. Текsturні показники є додатковим інформаційним ресурсом при обробці цифрових знімків з космосу в лісогосподарських цілях.

Мультиспектральна класифікація зображень ґрунтується на пошуку пікселів, аналогічних еталону за його спектральними характеристиками. Це дозволяє створювати лісові тематичні електронні карти. Процедура класифікації зображень полягає в пошуку аналогічних пікселів зображення і угрупованні їх в класи або категорії, засновані на значеннях яскравостей. Класифікація зображень розділяється на автономну і класифікацію з навчанням.

Точність мультиспектральної класифікації лімітується геометричним дозволом даних дистанційного зондування. При цьому основною проблемою є проблема змішаних пікселів. Ця проблема має велике значення і часто виникає на межі між двома різними класами. Наприклад, така ситуація можлива на межі лісу і сільськогосподарських земель. Якщо використовувати космознімки з дозволом 15 м, то точно провести цю межу неможливо. Подібні проблеми розподілу змішаних пікселів можна вирішити при використанні технології субпіксельної класифікації мультиспектральних зображень.

Видобування нафти і газу можна без перебільшення назвати одними з наймасштабніших за впливом на навколишнє середовище технологій. Перш за все це пов'язано з її землеємністю, тобто розміром земельної площі, яка необхідна для виробництва одиниці продукції. Відбувається як прямий вплив

на земельні ресурси – через відведення значних площ, так і побічний – через вплив на прилеглі території. Останній є результатом зміни гідрогеологічного режиму, локальних геологічних трансформацій (просадки, зсуви, утворення вільних підземних порожнин й т. ін.), забруднення поверхневих, підземних вод та ґрунтів.

Всі перелічені фактори свідчать про необхідність постійного та ефективного контролю за станом навколишнього середовища в зоні нафтовидобування. Як відомо, одним з найефективніших видів моніторингу простору є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), яке поряд з такими давніми перевагами, як одномоментний огляд великих територій та висока періодичність зйомки, останнім часом набуло ще й економічну привабливість, адже ДЗЗ стають все дешевшими при одночасному збільшенні інформативності.

Можливості ДЗЗ щодо моніторингу нафтогазових родовищ можна розділи за такими напрямками:

1. Контроль за цільовим використанням земельних ділянок, що відведені для видобування, та контроль впливу на суміжні території, у тому числі селітебні.
2. Спостереження за змінами геологічного середовища.
3. Моніторинг процесів підтоплення та засолення ґрунтів, стану та змін рослинного покриву.
4. Спостереження за станом поверхневих та підземних вод, процесами інфільтрації забруднюючів і змінами хімічного складу підземних та поверхневих вод.

Кожен з напрямків характеризується набором певних завдань, вирішення яких відповідно вимагає отримання специфічних даних, програмного забезпечення тощо. Найбільш важливим етапом дистанційного моніторингу безумовно є дешифрування аерокосмічних знімків. Використання найсучасніших методів автоматизованого дешифрування знімків надає можливість отримання оперативної інформації та прийняття управлінських

рішень як у стандартних, так і у надзвичайних ситуаціях, що трапляється доволі часто при розробці родовищ та транспортуванні нафти і газу.

Так, якщо цільове використання земельних ділянок може контролюватись за знімками, що отримані в видимому діапазоні, то для спостереження за процесами підтоплення будуть необхідні додаткові дані, які отримані в інфрачервоному та радіодіапазонах. Якщо вирішення завдань першого напрямку може засновуватись на методах візуального дешифрування, то спостереження за трансформацією рельєфу в результаті локальних геологічних процесів вимагають побудови та аналізу цифрових моделей рельєфу, для чого в свою чергу необхідна наявність специфічного програмного забезпечення.

Тим не менш, всі напрямки дистанційного моніторингу розробки родовищ нафти та газу мають «область перетинання інтересів», яка характеризується загальним інформаційним, програмним та методологічним забезпеченням.

Так, при вирішенні будь-якої задачі необхідно мати космічні знімки високої роздільної здатності, що отримані у видимому діапазоні. Це забезпечить географічну реєстрацію знімка, орієнтування на нього та первинне візуальне дешифрування, без якого не може обійтись жоден з інших методів аналізу ДДЗ. Виконання більшості з поставлених завдань може бути вирішено за допомогою використання даних багатоспектральної зйомки в діапазонах від 0,76 до 2,35 мкм. Зокрема, короткохвильовий інфрачервоний діапазон (1,55–1,75 мкм) чутливий до вмісту води в рослинності і ґрунтах, а також короткохвильовий інфрачервоний (2,08–2,35 мкм) є важливим для виділення типів геологічних порід. Зіставлення знімків у видимій та ближній інфрачервоній частинах спектра дає гарні результати при дешифруванні перезволожених ґрунтів, особливо у випадку, якщо їх поверхня маскується рослинним покривом.

Одним з найбільш ефективних та простих прийомів дешифрування багатозональних знімків є використання кольорових синтезованих зображень. Кольорові знімки інформативніші, ніж чорно-білі, але в більшості випадків

вони складаються з «псевдокольорів». Останнє означає, що знімок формується не з традиційної комбінації головних кольорів «червоний», «синій» і «зелений», а шляхом поєднання трьох інших спектральних каналів. Основним принципом синтезу псевдокольорових знімків є підбір таких параметрів синтезу, за яких найбільш чітко та контрастно будуть виділятися об'єкти, що цікавлять дослідників.

Наприклад, комбінація каналів 4, 3 і 2 космічного апарату Landsat-7 має значно більшу інформативність для задач диференціації рослинного покриву і селітебних територій, ніж кольоровий знімок, що зроблений у видимому діапазоні. Четвертий канал називають ближнім інфрачервоним, його межі знаходяться в діапазоні хвиль від 0,76 до 0,90 мкм, третій (червоний) – 0,63–0,69 мкм, другий (зелено-жовтий) 0,525–0,605 мкм. Так, на знімках синтезованих псевдокольорових густий червоно-рожевий колір є показником насиченості хлорофілом в рослинності, а холодні блакитні тони відповідають за міську забудову.

Поєднання каналів 4–5–3 (ближній, середній інфрачервоний і червоний) дозволяє чітко розрізнити межу між водою і сушею і підкреслити приховані деталі, що погано дешифруються при використанні тільки каналів видимого діапазону. Ця комбінація дає можливість аналізу вологості і корисна при вивченні ґрунтів і рослинного покриву. Чим вище вологість ґрунтів, тим темніше вони виглядатимуть, що обумовлено поглинанням водою випромінювання ІЧ –діапазону.

Комбінація 5–3–1 буде корисна при оновленні топографічних карт, адже на такому зображенні добре видно топографічні текстури: дороги, межі полів, території міської забудови та ін. Знімок, що складений каналами 7, 3 і 1, буде корисним при дослідженні гірських порід.

Взагалі, кількість таких корисних комбінацій буде дуже велика і вибір того чи іншого варіанту обумовлюватиметься поставленими завданнями та особливостями досліджуваних об'єктів.

Більш складним видом аналізу матеріалів багатоспектральної зйомки є математичні операції з матрицями значень яскравості зональних цифрових знімків (віднімання, ділення та інші). В геоінформатиці такий вид аналізу носить назву *картографічної алгебри, або растрового оверлея*. В результаті таких перетворень дешифрувальник має справу не з двома, а з одним зображенням, що істотно полегшує аналіз.

Відношення величин яскравості на різних спектральних діапазонах дає важливу інформацію про вплив об'єктів нафтової і газової промисловості на навколишнє середовище. Зокрема, зелена рослинність, якщо її розглядати як індикатор екологічного стану ґрунтів і повітря, володіє великою відбивною здатністю в ближній інфрачервоній області спектра і добре поглинає випромінювання в червоному діапазоні. В той же час, відбивна здатність ґрунтів і водойм у цих діапазонах залишається практично однаковою. Таким чином, якщо дані яскравості в ближній інфрачервоній області (0,8–1,1 мкм) розділити на дані в червоному діапазоні (0,6–0,7), то на результуючому знімку рослинному покриву буде відповідати область зі значенням істотно більше одиниці, а ґрунтам і водоймам – область зі значенням істотно меншим одиниці. Результат зазначеної операції ділення зазвичай називають простим *вегетаційним індексом*. Коливання цього показника можуть вказувати на негативні зміни у тому чи іншому компоненті ландшафту.

Іншою поширеною математичною операцією є «віднімання». Але ця процедура найчастіше виконується не зі знімками, що одержані через один зальот в різних діапазонах електромагнітного спектру, а з різночасовими даними, одержаними в одному діапазоні. Операція «віднімання» дозволяє вести спостереження за динамікою функціонування або розвитком негативних екологічних процесів у межах родовищ і на суміжних територіях. Об'єкти, відбивна здатність яких змінилася незначно за час між двома зйомками, будуть мати на результуючому знімку ясно-сірі тони, а темні і яскраві області знімка будуть вказувати на значні зміни відбивної здатності. Цей тип перетворення корисний для картографування соціальної та виробничої інфраструктури,

територій, де здійснюються розробки нафтових та газоносних родовищ, для спостереження за зміною структури земельних угідь, оцінки деградації ґрунтового та рослинного покриву, інших подібних завдань.

Більш складним видом математичного перетворення знімків є розрахунки різноманітних індексів. Так, нормалізований відносний вегетаційний індекс (Normalized Difference Vegetation Index) визначається як нормалізована різниця між значеннями в ближній інфрачервоній області (NIR) і в червоному діапазоні видимого спектру (RED) згідно наступній формулі: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$.

Логіка такого розрахунку базується на двох найбільш стабільних ділянках спектральної кривої відбиття судинних рослин. У червоній області спектру (0,6–0,7 мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній області (0,7–1,0 мкм) перебуває область максимального відбиття клітинних структур листа. Тобто висока фотосинтетична активність (пов'язана, як правило, з густою рослинністю) веде до меншого відбиття в червоній області спектра і більшого в інфрачервоній. Співставлення цих показників один до одного дозволяє чітко відокремлювати й аналізувати рослинні від інших природних об'єктів. Враховуючи, що рослинність є індикатором екологічного стану як ґрунтів так і атмосферного повітря у зоні родовищ, важливо приділити особливу увагу таким дослідженням при дешифруванні космічної інформації.

Значення індексу NDVI змінюються в діапазоні від –1 до +1. Для рослинного покриву значення індексу будуть наближатись до максимальних значень, для ґрунтів – будуть трохи більше нуля, а для водних об'єктів – матимуть від'ємні значення. NDVI дозволяє контролювати екологічний стан рослинності, її певні зміни, а відповідно стан ґрунтів і поверхневих вод, оцінювати ландшафтні перетворення на території розробок родовищ, ступень їх порушеності. Результуючі цифрові знімки NDVI можуть використовуватись для проведення більш складних типів аналізу, на кшталт обчислення інших

індексів, як, наприклад, LAI – індекс листкової поверхні, або FPAR – індекс фотосинтетичної активної радіації, що поглинається рослинністю.

Кінцевим результатом дешифрування космічних знімків можна вважати формування набору картографічних матеріалів на досліджувані регіони видобутку нафти та газу. Створення таких карт на сьогоднішній день в значній мірі є автоматизованим процесом, в основі якого лежить процедура класифікації об'єктів, тобто розподіл всіх пікселів знімка на групи, що відповідають різним об'єктам (класам).

Процедура класифікації може бути контрольованою і неконтрольованою. В основі методу контрольованої класифікації, її також називають класифікацією з навчанням, лежить використання еталонних ділянок знімка. Ці ділянки характеризуються низькою варіабельністю спектральних ознак та мають чітку приналежність до певних класів природних або антропогенних об'єктів. Вибір оператором еталонних ділянок відбувається на основі результатів первинного візуального дешифрування знімків і аналізу картографічних та інших апріорних матеріалів на досліджувану територію. Значення пікселів еталонних ділянок в різних спектральних діапазонах використовуються як навчальні вибірки для налаштування програми розпізнавання. В результаті для кожної ділянки визначається еталон - сукупність спектральних ознак, які задають один клас пікселів на цифровому знімку. Після цього кожен піксель знімка відноситься до того чи іншого класу на підставі послідовного порівняння з усіма створеними еталонами.

При неконтрольованій класифікації (без навчання) передбачається, що первинна інформація про природні відмінності об'єктів, зафіксована в спектральних яскравостях, є достатньою для виділення класів і тому можна обійтися без еталонів.

Після проведення класифікації і виконання ряду посткласифікаційних процедур (фільтрація, генералізація) проводиться векторизація зображення шляхом автоматичного перетворення растрової інформації у векторні шари.

Надалі ці шари експортуються в геоінформаційну систему для подальшої тематичної обробки та створення відповідних картографічних матеріалів.

4.5. Моделювання в екологічному моніторингу

Математичне моделювання процесів і явищ не є самоціллю, а покликано сприяти глибшому розумінню природи явища, щоб кінець кінцем отримати інформацію про реальний світ. Ця інформація стимулює розвиток нових наукових проблем і методів їх рішення, а також править за основу для прийняття рішень при реалізації конкретних проектів.

У системному аналізі виділяють три великі етапи дослідження: (1) постановка завдання; (2) моделювання і аналіз; (3) прийняття рішення. На етапі постановки завдання головне визначити – цілі дослідження, критичні елементи, їх взаємодії. Постановка завдання, як правило, уточнюється в процесі дослідження. Завдання і проблеми, що виникають на етапі моделювання і аналізу, на додаток до природоохоронної діяльності складають головний предмет подальшого вивчення.

За останні роки зріс інтерес до побудови математичних моделей забруднення повітря, води і ґрунтів, прогнозу і економічної оцінки можливих наслідків забруднень на основі методів математичного моделювання, до розробки математичних моделей систем контролю і управління забрудненнями; до розробки науково обґрунтованих методів довгострокового планування заходів, спрямованих на скорочення викидів шкідливих речовин.

4.6. Проблема мінімальної моделі і етапи процесу математичного моделювання

На первинному етапі відбувається збір відомостей про явище, що вивчається, Це пасивний банк даних (ПБД) і сценарії. Сценарій впливає на вибір початкової інформації і на формування мінімальної моделі, яка повинна

відповісти на питання, закладені в сценарій. Потім формують певні допущення про це явище на мові математики, яка зазвичай використовується для опису моделі. Загальні допущення, закони і теорії можна і бажано сформулювати так, щоб викласти суть проблеми.

У будь-якому випадку мінімальна модель будується на математичних допущеннях, і наступний блок призначений для випробування побудованої моделі, а у разі потреби і для її модифікації (цей блок – активний банк даних).

Для перевірки моделі бажано отримати деякі дані про реальне явище. На підставі перевірки моделі можна зробити висновки, які можна розділити на два типи:

- одні дані відносяться до ситуацій, що раніше спостерігалися, і носять пояснювальний характер;

- інші дані відносяться до нових, що не спостерігалися ситуацій і використовуються для прогнозу. За новими даними і відомостями про прогноз, розрахований відповідно до моделі, модель модифікується, і процес дослідження циклічно повторюється за тим самим контуром. Таким чином, будь-яка математична модель визнається лише тимчасовою. Циклічний процес триває увесь час, і нові порції даних повинні підвищувати пояснювальну здатність моделі.

У представленому вище описі процес математичного моделювання розділений на декілька етапів. Слід підкреслити різницю між етапом трансляції, на якому відбувається перехід від відомостей про реальні явища до математичної моделі (тобто побудова моделі), і етапом прогнозування. Перший етап – індуктивний: на підставі ряду спостережень вгадується загальна закономірність. Другий – дедуктивний: на основі прийнятих допущень і добре відомих закономірностей приходять до певних висновків.

Відносно етапу індукції варто відмітити наступне: будь-яке, досить складне явище може бути описане дуже багатьма способами можна по-різному вводити характеристики процесу і параметризувати експериментальні дані. Крім того, у будь-якому складному явищі завжди дуже високий рівень

невизначеності. Усі початкові дані нам відомі лише з певною точністю. В цих умовах стає безглуздою проблема побудови «надточної моделі». Вона повинна відповідати рівню точності початкових даних і нашої можливості використовувати модель. Але оскільки подібних моделей для опису одного і того ж процесу із заданою точністю може бути багато, то для практичного використання слід вибрати найбільш просту модель: згадаємо «принцип леза Оккама» – «не множ сутностей без потреби». Така проста модель називається мінімальною і обумовлює циклічну її схему створення. Циклічна процедура математичного моделювання призначена для випробування коректності допущень, що приймаються.

Відомо багато типів математичних моделей. Деякі математичні моделі є детермінованими, тоді як інші – імовірнісні. Детерміновані моделі дають точний прогноз, імовірнісні – прогноз про те, що деяка подія станеться з певною вірогідністю. Існує також розподіл моделей на прескриптивні і дескриптивні. Прескриптивна модель описує, як деяка особа, група, суспільство, урядовий орган повинні були б вести себе в певній ситуації, що ідеалізується. Дескриптивна модель описує, як вони насправді поведуться.

4.7. Методи прогнозування забруднення повітряного середовища

Для здійснення прогнозів можливих змін природного довкілля у будь-якому масштабі (від глобального до локального) необхідно мати в розпорядженні дані, по-перше, про сучасний стан довкілля, по-друге, про плани господарської діяльності на даній території і, по-третє, представляти, хоч би приблизно, як природне середовище реагуватиме на плановану господарську діяльність.

Коли ми говоримо «прогноз», ми завжди маємо на увазі деяку модель (у природній і технічній областях знання ця модель часто будується за допомогою широкого набору конструкцій і засобів сучасної математики), що описує процес, результати якого ми хочемо передбачати. Моделі, спрямовані на

складання глобальних екологічних прогнозів, теоретично повинні відповідати тим же вимогам, що і будь-яка математична модель. Це передусім адекватність (відповідність) досліджуваному об'єкту або явищу; також для практики важливо, щоб модель дозволяла узагальнювати доступні спостереження і передбачати можливий розвиток подій – як еволюційний (плавний, безперервний), так і революційний (стрибкоподібний, катастрофічний) з досить високою мірою точності. Проте навіть найадекватніша і чудовіша своєю точністю пророцтва модель може виявитися даремною із-за ненадійної, неякісної інформації, яка в цю модель вводиться. Слід пам'ятати, що прогнозування – усього лише засіб для ухвалення раціональних управлінських рішень (у тому числі на рівні світової спільноти). Значить, раціональність управління є функцією адекватності моделі і якості інформації.

На сучасному етапі розвитку біосфери екологічне прогнозування повинне здійснюватися на усіх рівнях (від глобального до локального) постійно. Для цієї мети діяльність щодо здійснення прогнозування має бути систематизована приблизно таким чином:

1. Розробка адекватних математичних моделей, які відбивають зміни, що відбуваються в природному середовищі під впливом господарської діяльності.

2. Своєчасне забезпечення підсистеми моделювання якісною інформацією про стан природного середовища і параметри функціонування техносфери (ґрунтується на діяльності підсистеми збору і обробки інформації, що коригує, якщо це необхідно, спотворені дані за допомогою відповідних математичних методів, для чого проводиться контроль достовірності даних).

3. Погоджена робота підсистем регіонального, державного і глобального екологічного прогнозування, що включає ретроспективний аналіз існуючих прогнозів з метою коригування математичних моделей, на основі яких вони були виконані.

Досвід проведення прогнозних досліджень в різних сферах громадського життя, науки і техніки дозволив виявити ряд методів, які можуть ефективно застосовуватися для прогнозування розвитку екологічної ситуації. Будь-яка

типова методика прогнозування включає такі необхідні елементи, як виконання передпрогнозної орієнтації (визначення предмета, цілей, завдань і періоду попередження); створення передпрогнозного фону (збір і аналіз даних в інтервалі ретроспекції); формування початкової базової моделі і конструювання пошукової моделі, її верифікація, а при необхідності уточнення (коригування), підготовка, обґрунтування і ухвалення необхідних рішень.

Оскільки вузловим етапом є побудова моделі прогнозу, відомі методи прогнозування зручно класифікувати, розділивши їх на три групи:

1. Евристичні.
2. Прогнозні моделі.
3. Статистичні.

Евристичні методи включають побудову інтуїтивних прогнозних моделей, які формуються експертами на основі цільової установки на виконання прогнозу, що надається експертові інформацією, досвіду, інтуїції і знань експерта.

Прогнозні моделі застосовують аналітичні методи в тих випадках, коли відомі загальні закономірності розвитку процесу, його загальна структура, найважливіші аналітично виражені функціональні зв'язки, є досвідчена (контрольна) вибірка, що дозволяє перевірити працездатність моделі.

До статистичних відносяться методи, основу яких складає формування стохастичних моделей прогнозування. Передумовою застосування таких методів є наявність необхідних статистичних даних, що характеризують період ретроспекції, і відомостей, необхідних для визначення моделі прогнозу. Широке застосування в прогнозуванні статистичних методів пояснюється тим, що предметом статистики служить вивчення методів виявлення закономірностей масових процесів.

Розвинений математичний апарат і накопичений досвід застосування роблять привабливим звернення у вирішуваній проблемі до статистичних прогнозних методів і моделей.

Слід зауважити, що більшість методів, орієнтованих на прогнозування екологічних ситуацій, вимагають в тій або іншій мірі обліку чинника старіння використовуваної інформації.

4.7.1. Моделі прогнозування забруднення атмосферного повітря

Розглянемо систему прогнозування якості атмосферного повітря, яка знаходить сьогодні широке застосування для оперативного і довгострокового прогнозування і для ідентифікації викидів.

Для вирішення завдань довгострокового (чотирьох діб до одного місяця) і оперативного (від декількох годин до трьох діб) прогнозування покладені відомі підходи до моделювання поширення шкідливих домішок забруднення в атмосферному повітрі і прогнозування забруднення атмосферного повітря. До моделей довгострокового прогнозування відносяться моделі прямого моделювання і розрахункові.

Для довгострокового прогнозування найчастіше застосовуються розрахункові (аналітичні, апроксимації) моделі, отримані на основі рішення рівнянь турбулентної дифузії. Це – моделі «факела», «ящика», кінечно-різницевої. Ці моделі покладені в основу інженерних розрахунків і реалізовані у ряді програмних комплексів для розрахунків забруднення атмосферного повітря.

Широке поширення для оперативного прогнозування отримали статистичні моделі лінійної і нелінійної регресії. Їх безперечною перевагою є простота реалізації і алгоритмізації. Основне обмеження щодо застосування цих моделей – відсутність безпосереднього обліку фізичних особливостей процесу забруднення повітря, внаслідок чого вони характеризуються невисокою (хоча у багатьох випадках і прийнятною) точністю прогнозування.

При аварійних залпових викидах для оперативного прогнозування забруднення атмосферного повітря використовують розрахункові (аналітичні)

моделі – моделі «клубка», вживані для прогнозування поширення домішок від миттєвих точкових джерел.

Вибір конкретної моделі (чи моделей) визначається зрештою цілями прогнозування і постановкою вирішуваної задачі прогнозування. Результатами розрахунків по прогнозуванню є:

- для довгострокового прогнозування - отримання профілів концентрації забруднюючих речовин (ЗР), визначення відстаней і небезпечних швидкостей вітру, максимальних концентрацій ЗР, розрахунок величин гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднюючих речовин в атмосферу і мінімальних висот джерел викидів, при яких вміст ЗР не перевищуватиме допустимого значення;

- для оперативного прогнозування - отримання регресійних або інших видів залежностей для прогнозування концентрацій ЗР на інші періоди часу і задані відстані від джерел забруднення;

- для ідентифікації джерел забруднення – виявлення можливих джерел забруднення атмосферного повітря.

На першому етапі довгострокового прогнозування визначають вплив постійно діючих джерел забруднення атмосфери на стан і якість атмосферного повітря в районі, безпосередньо прилеглому до виробничого майданчика.

На наступному етапі довгострокового прогнозування забруднення атмосферного повітря типовими точковими джерелами для ЗР проводиться оцінка меж валових викидів (м, г/с), що призводять до перевищень середньодобових ГДКс.д. і максимальних разових ГДКм.р. в різну пору року. Межі оцінюються за величиною максимальної концентрації від цього джерела забруднення. Отримані значення необхідно використовувати для оцінки наслідку залпових (аварійних) викидів і ухвалення оперативних рішень по ідентифікації джерел забруднення, оперативному прогнозуванню концентрацій ЗР. У рамках оперативного прогнозування проводиться прогнозування концентрацій найбільш небезпечних ЗР при максимально несприятливих метеоумовах на відстанях, що відповідають утворенню цих концентрацій (за

результатами обчислювального експерименту, отриманого на етапі довгострокового прогнозування).

Для цього можна скористатися моделлю множинної лінійної регресії виду :

$$q_p = b_0 + b_1/v + b_2/t,$$

де q_p - прогнозовані значення концентрацій, b_0 , b_1 , b_2 – коефіцієнти регресійної моделі, v – швидкість вітру, t – температура повітря (°C).

Зазвичай задається вибірка з 24 точок (доба) з кроком одна година. На основі обробки початкових даних методом найменших квадратів отримують рівняння регресії для кожної забруднюючої речовини.

4.8. Моделювання забруднення водного середовища органічними відходами

Як вже відзначалося, для забруднення водного середовища і особливо ґрунту ще не існує досить простих моделей, широко вживаних для практичних розрахунків. Слід зауважити, що поширення домішок у водному середовищі можна описати тими ж рівняннями гідрогазодинаміки (рівняння турбулентної дифузії), які застосовуються для атмосфери, але внаслідок складності обліку водної течії і інших чинників вони погано придатні для практичного використання. Але незважаючи на це, дослідження в цьому напрямі ведуться, і певні успіхи в цій області вже отримані.

Моделювання забруднення водного середовища розглянемо на прикладі двох взаємодіючих груп: вода, що містить розчинений кисень, і органічні відходи, що скидаються у воду. Розкладання органічних відходів у водному середовищі відбувається під дією бактерій, що викликають ланцюг хімічних реакцій, які протікають з використанням кисню. Тому моделюється взаємозв'язок концентрації кисню і відходів у воді.

Концентрацію відходів часто визначають в спеціальних одиницях виміру – так званій біохімічній потребі кисню (БПК). БПК дорівнює відношенню кількості кисню, необхідного для розкладання відходів, до об'єму води (мг/л).

Швидкість розкладання відходів пропорційна їх концентрації L (якщо є присутнім досить кисню) :

$$dL/dt = -k_1L$$

де k_1 - постійна відбору кисню; зазвичай вимірюється в одиницях (день).

Якщо C_0 - концентрація кисню за відсутності відходів (відома функція від температури води), то при надходженні відходів концентрація кисню C буде менше C_0 . Введемо різницю цих величин $D = C_0 - C$, яка характеризуватиме недолік або дефіцит кисню у водному середовищі у зв'язку з надходженням в неї органічних відходів. Величина D може збільшуватися з часом внаслідок надходження (і окислення) відходів і зменшуватися внаслідок поглинання кисню поверхневими шарами води (цей процес називається реаерацією),

$$dD/dt = k_1L - k_2D,$$

де k_1L – характеризує процес окислення відходів, k_2D – реаерацію, k_2 – постійна реаерації, одиниця її виміру (день) - 1.

Таким чином, виходить система з двох рівнянь (запропонована уперше Стритом і Фелпсом в 1925 році, але і досі широко вживана через свою простоту і одночасно досить адекватний опис реальної динаміки процесів, що відбуваються; це хороший приклад досягнутого компромісу між простотою моделі і її прогностичними можливостями):

$$dL/dt = -k_1L,$$

$$dD/dt = k_1L - k_2D,$$

Рішення цих рівнянь дає

$$L = L(0)e^{-k_1t},$$

$$D = D(0)e^{-k_2t} + \frac{k_1L(0)}{k_2 - k_1}(e^{-k_1t} - e^{-k_2t}),$$

де $L(0)$ і $D(0)$ – початкові значення при $t = 0$.

Важливе практичне питання полягає в наступному: яке максимальне збіднення води киснем може спостерігатися в цьому місці річки або водойми в

результаті скидання в них органічних відходів? Річ у тому, що якщо концентрація кисню падає нижче деякого критичного рівня, починають гинути організми (риби, ракоподібні та ін.), які мешкають у водному середовищі. Таким чином може ініціюватися ланцюжок подій, який здатний привести до безповоротних наслідків загибелі нормальної екологічної життєдіяльності водойми. Максимальний дефіцит кисню D_{max} можна визначити, прирівнюючи до нуля похідну $D'(t) = 0$. Звідси отримаємо

$$L_{(0)} - D_{(0)} = \frac{K D_{(0)}}{K - D_{(0)}},$$

де $L_{(0)}$ і $D_{(0)}$ - початкові значення концентрації відходів і дефіциту кисню.

Час t пов'язаний з відстанню x від місця скидання. Якщо V – швидкість течії річки, тоді $x = Vt$. В цьому випадку $D_{(0)}$ – початкове пониження концентрації, обумовлене наявністю заводів у верхній течії річки.

Таким чином, необхідно, щоб задовольнявся екологічний стандарт або екологічний критерій безпеки життєдіяльності водних організмів: $D_{max} < D_{lim}$.

Це один з висновків, який можна зробити після застосування цієї моделі до реальних умов. Крім того, модель дозволяє оптимізувати режими скидання підприємствами органічних відходів у воду.

4.9. Моделювання забруднення ґрунтів при розливах вуглеводнів

Під час витоків і аварійних розливів нафто-, продукто- і конденсатопроводів на поверхню землі і водойм може потрапляти досить велика кількість рідких вуглеводневих сумішей. Прогноз можливого поширення нафтового забруднення і вплив забруднювачів на природне середовище, біологічні ресурси і соціальну сферу набуває важливого значення.

Процеси міграції і розсіяння вуглеводнів в ґрунтах визначаються їх властивостями і параметрами середовища. Рідкі вуглеводні, що фільтруються з поверхні землі, можуть вступати у фізико-хімічну, хімічну і біологічну

взаємодію з системою «грунт – вода – повітря». Наслідком цих процесів може бути зміна фазового стану і хімічного складу вуглеводневих сумішей.

В процесі проникнення рідких вуглеводнів в ґрунт відбувається їх сорбція на стінках пір. Причому переважно сорбуються полярні компоненти (нафтонові кислоти, смоли, асфальтени). Здатність до сорбції вуглеводнів знижується у ряді «олефіни – ароматичні вуглеводні – циклопарафіни – парафіни». Здатність вуглеводнів зв'язуватися з ґрунтом залежить також від поверхневих властивостей породи, передусім від капілярних сил. Кількість сорбованої речовини залежить від структури, складу ґрунту і його вологості. Чим вище водонасиченість ґрунтів, тим нижче їх здатність сорбувати вуглеводневі з'єднання.

Під дією хімічного окислення і біогенного розкладання може відбуватися руйнування нафтопродуктів у ґрунті. Вклад процесів хімічного окислення в руйнування вуглеводнів різний для поверхневих і підземних вод. В умовах вільного доступу кисню, під впливом фотохімічної дії світла деградація вуглеводнів може протікати в результаті автокаталітичних процесів за механізмом ланцюгових вільнорадикальних реакцій.

Потрапляючи на поверхню землі, рідкі вуглеводні починають просочуватися по порах і тріщинах порід зони аерації, де переважає рух у вертикальному напрямі. Коли нафтопродукти зустрічають на своєму шляху менш проникний шар або досягають рівня ґрунтових вод, відбувається їх накопичення і розтікання в горизонтальному напрямі.

4.9.1. Одновимірна модель забруднення ґрунту

Процес проникнення в ґрунт шару рідких вуглеводнів, розлитих на поверхні землі, відноситься до погано вивчених нелінійних завдань фільтрації з неповним насиченням. Найбільш простий варіант такого класу завдань вивчається в гідрогеології у зв'язку з питаннями зрошування і поливу (вологпереніс в ґрунті). Процеси інфільтрації вуглеводнів теоретично майже

не досліджувалися. Ці завдання є істотно складнішими з ряду причин. По-перше, сам ґрунт є трифазною системою - тверді частки, вода і повітря з парами води. Ґрунт містить пори різних порядків великості, причому системи «капілярних» пір забезпечують водоутримуючу здатність пір, а некапілярні визначають швидке просочування флюїду в ґрунт. І в таку складну систему занурюється вуглеводнева суміш, що має проміжну змочуваність відносно до повітря і води. Іншою принциповою трудностю є недолік емпіричного матеріалу, необхідного для розрахунків.

Як перше наближення до реального процесу пропонується одновимірна модель капілярно-гравітаційного вбирання вуглеводнів в ґрунт.

У момент часу $t = 0$ на поверхню землі потрапляють шари однорідної ньютонівської рідини завтовшки h_0 . Передбачається, що ґрунт - ізотропне пористе середовище, що не деформується, – спочатку насичений тільки повітрям або повітрям і залишковою водою, що міститься у вигляді нерухомих крапельок і плівок. Знизу ґрунт підпирається ґрунтовими водами. Над їх поверхнею існує капілярна облямівка, обумовлена капілярним підняттям води і майже непроникна для вуглеводневих рідин.

Тому за нижній кордон зони аерації, на якій ставиться гранична умова, можна прийняти глибину розташування капілярної облямівки. Передбачається, що рідина і повітря не стискаються, що цілком справедливо за невеликих тисків, характерних для даного процесу.

Після певних викладень, з урахуванням прийнятих допущень отримаємо нелінійне рівняння для визначення нафтонасиченості:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right).$$

Основними функціями тут є нафтонасиченість $s(z, \tau)$ та $h(\tau)$. Для сформульованого завдання проводять розрахунки, що дозволяють оцінити, наскільки швидко відбувається проникнення вуглеводнів в пористе середовище і як наслідок цього – дати оцінку забруднення ґрунту і ґрунтових вод.

Розглянуте одновимірне завдання капілярно-гравітаційного просочення, що враховує основні рушійні чинники. Воно дає максимальну оцінку для глибини проникнення вуглеводнів внаслідок допущення про відсутність в ґрунті рухливої води і зневаги горизонтальним розтіканням політанту. Незважаючи на це, така постановка застосовна для оцінки поширення вуглеводнів в тих випадках, коли забруднення охоплює велику територію, внаслідок чого нафтонасиченість залежить від горизонтальної координати в малій околичній області.

Однозначної відповіді на те, яка модель краща, бути не може. Не існує моделі універсальної, а ускладнювати моделі, щодо введення усе нових чинників, що впливають на процес поширення, можна безмежно.

Питання для самоконтролю

1. Який спектральний канал космічного апарату Landsat-7 використовують для виявлення димових факелів?
2. Чи можна розглядати вегетаційні індекси як проміжний етап при переході від емпіричних показників до реальних фізичних властивостей рослинного покриву?
3. Який етап дистанційного моніторингу є найбільш важливим?
4. Що таке растровий оверлей?
5. Що таке FPAR?
6. Як визначається нормалізований відносний вегетаційний індекс (Normalized Difference Vegetation Index)?
7. Які три великі етапи дослідження виділяють у системному аналізі ?
8. Які методи прогнозування відносять до основних?
9. Які моделі довгострокового прогнозування відносяться до основних?
10. Для чого використовуються статистичні моделі лінійної і нелінійної регресії?
11. Від чого залежить здатність вуглеводнів зв'язуватися з ґрунтом?

12. Які умови оптимальної вибірки при довгостроковому прогнозуванні забруднення атмосферного повітря?
13. Від чого залежить кількість сорбованої речовини у ґрунті?

4.10. Застосування біологічних методів аналізу забруднення довкілля нафтопродуктами

Серед органічних речовин, які забруднюють ґрунтові і водні екосистеми, важливе місце займають нафтопродукти у зв'язку з обумовленими таким видом забруднень довгостроковими і екологічно небезпечними наслідками. Всі процеси, у тому числі самовідновлюючі, які відбуваються в геологічному і водному середовищах, взаємообумовлені та взаємопов'язані і забезпечують функціонування екосистеми, яка знаходиться в рівноважному стані. Надходження нафтопродуктів до ґрунту, а у подальшому їх міграція в підземні та поверхневі води обумовлює пригнічення функціональної активності наземної і водної флори і фауни. Це пов'язано з тим, що відповідно до ГОСТ 17.1.4.01-80 нафтопродукти – це сума неполярних і мало полярних вуглеводнів (аліфатичних, ароматичних, ациклічних), що становлять головну й найбільш характерну їхню частину – 70-90% від суми всіх речовин, що є присутніми у нафтопродуктах. В аналітичному розумінні до нафтопродуктів відносяться суміші газоподібних, рідких і твердих неполярних і малополярних вуглеводнів, які розчинюються у гексані. Під це визначення потрапляють всі види палива, розчинники та мастильні матеріали. До товарних рідких вуглеводнів відносяться бензин, керосин, дизельне топливо, мазути.

На цей час природоохоронні заходи з регулювання й обмеження надходження у природне середовище екологічно небезпечних речовин і сполук, як правило, засновано на співставленні фактичних значень їх вмісту з встановленими величинами ГДК цих речовин для відповідного компоненту природного середовища. Але при цьому використання лише інформації щодо перевищення ГДК окремих хімічних речовин, що входять до складу

нафтопродуктів, недостатньо для оцінки екологічного стану території, оскільки не враховується вплив сукупної дії полікомпонентних хімічних сполук (якою є нафтопродукти) на біотичну складову екосистем. Це пов'язано з тим, що концентрація ГДК передбачає нормування ізольованого впливу хімічних речовин на відповідні тест-організми, які використовуються при встановленні ГДК, в той час як у реальних умовах вплив чинять складні суміші речовин, унаслідок чого може проявлятися комбінований ефект впливу – адитивність, синергізм, антагонізм.

Підтвердженням наведеного вище є результати встановлення кореляційної залежності між оцінкою рівнів токсичності води і значеннями коефіцієнтів її забрудненості окремими хімічними речовинами, яка складала 0,06.

Доцільність використання біологічних методів оцінки якості компонентів ландшафту, зокрема поверхневих вод, підкреслюється в багатьох роботах, де для оцінки рівня антропогенного навантаження на басейни малих річок рекомендується використовувати, поряд з іншими, біологічні методи: «...біоіндикація і біотестування, на відміну від відомих аналітичних методів контролю за станом середовища, являються незмінними у визначенні токсичності і шкідливості факторів для живих організмів, бо ці характеристики є біологічними, а тому визначають біологічну повноцінність (або неякісність) середовища».

Для оцінки впливу нафтопродуктів на екологічний стан навколишнього природного середовища необхідно мати інформацію, як мінімум, за такими характеристиками: вміст нафтопродуктів в окремих компонентах; швидкість їх хімічної і біологічної деструкції під впливом абіотичних і біотичних факторів; рівень токсичності нафтопродуктів по відношенню до живих організмів. Дані стосовно інформації щодо вмісту нафтопродуктів отримують в стандартному режимі при здійсненні спостережень. Інформацію за другою характеристикою отримати можливо, але для цього необхідно провести комплекс довгострокових та трудомістких за об'ємом експериментів в натурних і лабораторних умовах. Однак, найбільш інформативними даними щодо екологічної небезпеки

вуглеводневого забруднення геосистеми є результати визначення рівнів загальної токсичності нафтопродуктів для водних організмів та фітотоксичності для організмів ґрунту. Таку інформацію можна отримати шляхом інтегральної оцінки біологічної повноцінності середовища мешкання живих істот за допомогою методу біотестування, який передбачає реєстрацію в контрольованих, стандартних умовах відповідних реакцій тест-організмів на токсичну дію екологічно небезпечних хімічних сполук та їх сумішей.

Згідно з нормативними документами токсичність води – це зумовлена наявністю токсикантів властивість води, що характеризує її здатність порушувати життєдіяльність водних організмів; фітотоксичність ґрунту – здатність ґрунту чинити пригнічуючий вплив на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, погіршення якості рослинної продукції.

Токсичність нафтопродуктів по відношенню до біологічних об'єктів не завжди очевидна. Відомо, що незначні концентрації нафтопродуктів можуть навіть чинити стимулюючу дію, наприклад, на розвиток рослин і мікроорганізмів ґрунту. Це пов'язано з тим, що нафтопродукти в більшій мірі, чим інші хімічні сполуки, підлеглі процесам розкладання, які супроводжуються надходженням у ґрунт додаткових органічних сполук, що використовуються організмами як джерела живлення. В той же час широко відомі випадки масової загибелі рослинних та тваринних організмів через аварійне забруднення ґрунтів нафтопродуктами.

Неоднозначність впливу нафтопродуктів на біотичну складову екосистем пов'язана з різними факторами, а саме: кількістю і складом нафтопродуктів, що надходять у природне середовище, терміном їх розкладання, складом постійних супутників – мінералізованих пластових вод, важких металів, радіонуклідів, токсичних газоподібних речовин тощо.

У ряді публікацій наведено дані щодо впливу вуглеводневого забруднення на різні компоненти природного середовища, у тому числі і на їх біотичну складову. Так, у ряді робіт моделювались рівні забруднення нафтою від 0,5 до 20 % від маси ґрунту орного шару та оцінювалась його фітотоксичність за

показниками схожості насіння та продуктивності зеленої маси тест-культури (овес). Встановлено, що схожість насіння при забрудненні нафтою на рівні 4 % зменшилась на 55 %, а при забрудненні на рівні 8 % рослини взагалі не сходили. У перерахунку на зелену масу однієї рослини пригнічення простежувалось вже з 2 % забруднення орного шару нафтопродуктами.

Оскільки визначальну роль в біодеградації нафтопродуктів у ґрунті відіграють мікроорганізми, ряд робіт присвячено вивченню динаміки мікробіологічних і біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунтах, забруднених нафтопродуктами. Результати ряду досліджень показали, що нафтохімічне забруднення ґрунтів призводить до збільшення чисельності вуглеводнеоокислюючих мікроорганізмів, викликаючи в той же час пригнічення нитрифікаційних процесів та зниження активності більшості ферментів, зокрема, гідролази, протеази, дегідрогенази. При цьому активність останньої групи ферментів не відновлюється навіть через два роки після внесення нафти в ґрунт. На основі результатів експериментів зроблено висновок, що забруднення ґрунту нафтопродуктами змінює структуру ґрунтового мікробіоценозу та пригнічує активність біохімічних реакцій.

Пряма токсична дія нафтопродуктів і погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів – основні причини пригнічення та загибелі рослинності на забруднених ділянках. Механізм негативного впливу нафтопродуктів на біохімічні процеси в рослинах вивчено досить слабо. Висловлюють припущення, що вуглеводні можуть порушувати побудову мембран, які регулюють процеси обміну речовин у клітинах. Чутливість вищих рослин до вуглеводневого забруднення дозволяє вважати їх універсальними тест-організмами для визначення токсичності ґрунту і води. Стійкість злаків до вуглеводневого забруднення зменшується у напрямку: грястиця збірна – польовиця біла – тимофіївка лучна – вівсяниця лучна – вівсяниця червона – костер безостий – костер прямий – бекманія східна – волосянець сибірський, а серед бобових: люпин багаторічний –

лядвенець рогатий – конюшина шведська – конюшина лучна – конюшина повзуча.

Найбільш фітотоксичною є фракція нафти з температурою кипіння до 350 °С але нафта містить і такі речовини, які стимулюють розвиток вищих рослин.

Фітотоксичний ефект на чорноземах спостерігається, починаючи з концентрації нафти 3000 – 4000 мг/кг ґрунту. Проте, зустрічаються і значно більші порогові значення – до 2 – 4%, що очевидно, пов'язано із відмінністю складу нафти різних родовищ або нафтопродуктів різних марок.

При вивченні впливу забруднення нафтопродуктами на розвиток ґрунтових водоростей встановлено, що окремі таксономічні групи водоростей по різному реагують на нафтохімічне забруднення, при цьому відбуваються суттєві зміни у їх видовому складі та чисельності. Найбільш толерантними виявились деякі види синьозелених і зелених водоростей.

Наведені вище результати були отримані в процесі проведення експериментів в природних умовах з метою вивчення впливу на живі організми забруднення нафтопродуктами середовища їх мешкання. Означені дослідження віднесено до біоіндикаційних методів на відміну від методів біотестування, які здійснюються в лабораторних умовах з використанням спеціально підготовлених тест-організмів. Такі експерименти мають виконуватись в стандартних умовах за метрологічно атестованими методиками.

Вивчення матеріалів різних суб'єктів моніторингу, які проводять спостереження за станом навколишнього природного середовища відповідно до своїх повноважень, закріплених Постановою КМУ від 30.03.96 р №391, показало, що інформація щодо впливу будь-яких забруднень на біотичну складову екосистем, яка б отримувалась за допомогою методу біотестування, практично також відсутня.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що біотестування забруднених нафтопродуктами ґрунтів, поверхневих і підземних вод при здійсненні спостережень за їх станом в системі моніторингу навколишнього

природного середовища на державному та регіональному рівнях не проводиться, незважаючи на нагальну необхідність врахування відгуків біологічних об'єктів на забруднення природного середовища екологічно небезпечними сполуками.

4.11. Розроблення системи біотестування для визначення токсичності і генотоксичності води та фітотоксичності ґрунту

При виборі методик для визначення токсичності проб води, донних відкладів і фітотоксичності ґрунту, забруднених нафтопродуктами, основними критеріями є наступні: репрезентативність тест-організму як представника певного біоценозу (наземного або водного); чутливість тест-організму та його реакції на дію токсичних речовин.

В експериментах для визначення токсичності поверхневих і підземних вод потрібно використовувати методики біотестування з тест-організмами фотобактерій за показником зниження на 50 % і більше рівня їх люмінесценції протягом 30 хв. інфузорій – за показником – вірогідного зниження кількості тест-організмів протягом 96 год.; водоростей за показником зниження на 50 % і більше чисельності клітин протязі 72 год.; ракоподібних – за показником загибелі 50% і більше тест-організмів протягом 48 год. (гостра токсичність) та вірогідного відхилення кількості і плодючості тест-організмів на протязі 7–10 діб (хронічна токсичність); риб за показником загибелі 50 % і більше тест-організмів протягом 96 год.

Для визначення генотоксичних властивостей підземної (ґрунтової) води із шахтних колодязів необхідно застосовувати методики біотестування на комах-дрозофілах за показником частоти виникнення домінантних летальних мутацій у комах на дослідній воді порівняно з контролем.

Донні відклади аналізували на токсичність за допомогою методик з використанням фотобактерій, інфузорій, ракоподібних і хірономід за показником загибелі 50 % і більше тест-організмів впродовж 96 год. і 10 діб.

Фітотоксичність ґрунтів визначали шляхом біотестування водних

витяжок з ґрунтів. Для вибору оптимальних умов екстракції водорозчинних нафтопродуктів при приготуванні водних витяжок з ґрунтів та донних відкладів було проведено експерименти, в яких підбирали співвідношення між кількістю повітряно-сухого ґрунту (донних відкладів) та дистильованої води, а також тривалість струшування суміші. Використовували співвідношення ґрунту і води 1:5 та 1:1; тривалість струшування складала 5 і 45 хв. Після струшування суміш центрифугували протягом 15 хв зі швидкістю 15 тис.об/хв для відділення осаду. Для визначення фітотоксичності ґрунтів потрібно провести вибір рослин, широке коло яких рекомендується міжнародним стандартом ISO 11269-2. В експериментах потрібно використовувати різні види однодольних (пшениця тверда, ячмінь, овес, кукурудза) і дводольних рослин (горох, квасоля, соя, салат, томат, цибуля, кріп, морква, перець, буряк, капуста, редька чорна, редис, петрушка кучерява, огірок) таких сортів, які мали найбільш ранню схожість та найменший період вегетації.

Рослини, які є придатними до біотестування, мають відповідати наступним вимогам: бути здатними розвиватися після замочування у воді, мати достатню швидкість росту у водній витяжці, щоб за 5 діб досягнути такої довжини коренів та паростків, яка необхідна для підрахунку. Відповідно до цих вимог непридатними до біотестування виявились рослини: перець, петрушка, горох, квасоля, соя, які повільно пророщуються після замочування у воді; в насінні родини бобових починався процес гниття. Насіння кукурудзи, капусти, огірка, салату та пшениці виявилось придатним для біотестування у водній витяжці (розвивалось 80 – 90 % насіння).

Що стосується швидкості росту, то насіння кукурудзи дає паростки, достатньої для підрахування довжини через 4 доби після замочування; насіння салату, томату, пшениці, ячменю, буряка, редьки, редису, капусти, вівса та огірка – через 5 діб; насіння моркви, кропу і цибулі – через 7 діб, а петрушки – більше ніж через 11 діб.

Основними показниками, за якими потрібно проводити оцінку фітотоксичності ґрунтів є: кількість пророслих рослин, довжина коренів та

паростків. Необхідно враховувати вірогідність відхилення значень цих критеріїв від контролю. Фітотоксичними вважались ґрунти, результати біотестування яких значення будь-якого з перелічених критеріїв вірогідно відрізнялись від контролю.

Найбільш прийнятними методиками для визначення токсичних властивостей поверхневих, підземних вод, донних відкладів і ґрунтів є:

- для визначення токсичності поверхневих та підземних вод – методика біотестування на ракоподібних – церіодафніях за показниками токсичності - виживаність 50 % і більше тест-організмів за 48 годин у досліді порівняно з контролем (гостра летальна токсичність), вірогідне відхилення у дослідних пробах порівняно з контролем виживаності та плодючості церіодафній за 7–8 діб біотестування (хронічна токсичність);

- для визначення генотоксичності підземної (ґрунтової) води – методика біотестування на комах-дрозофілах за показником генотоксичності – вірогідне відхилення від контролю частоти виникнення домінантних летальних мутацій у комах в дослідних пробах води;

- для визначення токсичності донних відкладів – методика біотестування на комах хірономідах за показником токсичності – виживаність 50% і більше хірономід у дослідних пробах донних відкладів порівняно з контролем за 96 годин і 10 діб біотестування;

- для визначення фітотоксичності ґрунтів – методика біотестування з використанням вищих рослин – кукурудзи, салату та ячменю за показниками фітотоксичності – кількість пророслих рослин та довжина коренів у водних витяжках дослідних проб ґрунту порівняно з контролем (у дистильованій воді).

Питання для самоконтролю

1. Які основні види взаємодії хімічних речовин враховуються при використанні методу біотестування?
2. Дайте визначення термінів: токсичність води, гостра токсичність води, хронічна токсичність води, тест-об'єкт, тест-реакція.

3. Обґрунтуйте роль донних відкладень у процесах, що відбуваються у водних об'єктах.
4. Сформулюйте нормативні вимоги за токсикологічним показником до якості поверхневих та зворотних вод на скиді у водні об'єкти.
5. Розкрийте основну функцію методу біотестування при здійсненні оцінки якості води водних об'єктів та джерел їх забруднення.
6. Розкрийте сутність поняття «діапазон реагування тест-об'єкта на еталонну речовину». Які хімічні речовини використовуються в якості еталонні та які їх основні властивості?
7. Викладіть послідовність процедури перевірки придатності культури тест-об'єктів до біотестування.
8. Назвіть процедури, які необхідно виконати для здійснення контролю якості визначень токсичності.
9. Охарактеризуйте морфологічні ознаки ракоподібних на прикладі *Daphnia magna* Straus.
10. Наведіть перелік стандартних умов культивування і проведення експериментів для церіодафній.

4.12. Комплекс заходів з обмеження вуглеводневого забруднення нафтогазоносних територій

4.12.1 Ліквідація наслідків аварійного забруднення території нафтопродуктами

Вуглеводневе забруднення території призводить в першу чергу до зменшення продуктивності земель, оскільки основну частку техногенного навантаження внаслідок такого забруднення приймають на себе ґрунтовий і рослинний покрив. Для земель і ґрунтів, які сильно забруднені нафтопродуктами, характерні змінні структурних і фізико-хімічних властивостей, що не дозволяє їх використовувати у господарських цілях. Крім того, сорбовані на ґрунтах вуглеводні у вигляді розчинених та емульгованих сполук стають постійним вторинними джерелом забруднення інших

компонентів природних ландшафтів – рослинного покриву, поверхневих, підземних вод.

Для знешкодження й очистки від нафтопродуктів геологічного і водного середовищ використовується великий перелік методів і засобів.

До першої групи відносяться методи, що передбачають виїмку забрудненого ґрунту й проведення заходів щодо його утилізації. Далі наводиться перелік ряду способів.

- Заорювання в ґрунт на полігонах. При цьому способі санації ґрунт, забруднений нафтою й нафтопродуктами, розподіляють на поверхні розпушеного ґрунту з розрахунку 10 кг/м². При внесенні такої кількості забрудненого нафтою ґрунту після переорювання на глибину 30-35см концентрація нафтопродуктів у ґрунті не перевищує міграційного водного показника шкідливості нафти й може бути віднесена до категорії середньозабруднених земель. Оранку повторюють із інтервалом на місяць, скорочуючи до однієї за сезон після дворічної експозиції. Якщо є потреба, кислотність ґрунту доводять до рН 6,5 шляхом внесення вапна або коригуючих кислотність середовища препаратів. При такому способі санації строк детоксикації забрудненого ґрунту не перевищує трьох років, але може бути скорочений до одного року за умови інтенсифікації процесу біодеградації.

- Вивіз на смітник. Забруднений нафтою й нафтопродуктами ґрунт додають до відходів на міських смітниках у кількості 1–2 % від загального об'єму відходів. Таке співвідношення нафтопродуктів і відходів екологічно обґрунтовано. Термін утилізації забрудненого ґрунту за таким способом складає 3–5 років.

- Виїмка забрудненого ґрунту й вивіз на спеціально підготовлені площадки – польові грядки за методом «Ландфармінга». Цей метод передбачає розподіл виїнятого ґрунту на підготовленій площі, проведення аерації за допомогою багаторазового розпушування й примусової вентиляції, зрошення, введення живильних речовин і мікроорганізмів. Термін утилізації – один рік.

- Санація в кагатах. Передбачає виїмку забрудненого ґрунту й укладання його у формі кагату висотою 0,4–2 м. Після цього проводиться зрошення кагату суспензією біомаси мікроорганізмів і живильних речовин. Термін утилізації – два роки.

- Обробка забрудненого нафтопродуктами ґрунту в стаціонарних умовах на блокових лініях грубого й тонкого очищення, що дозволяє максимально вилучити із ґрунту нафтопродукти, а ґрунт із концентрацією нафтопродуктів не більше 15 г/кг повернути на ділянку, з якої його було вилучено.

Найбільш ефективним способом ліквідації наслідків забруднення земель та ґрунтів нафтопродуктами є їх рекультивація – проведення комплексу заходів, спрямованих на відновлення продуктивності й господарської цінності порушених земель та покращання екологічного стану забрудненої території. Головне завдання, яке вирішується під час рекультивації – зниження вмісту нафтопродуктів до безпечного для тваринних і рослинних організмів ґрунту рівня, оскільки процеси самоочищення і відновлення родючості земель здійснюються за рахунок їх нормальної життєдіяльності. Проведення заходів з рекультивації земель є необхідним у зв'язку з тим, що процеси природної регенерації екосистем, порушених геохімічно активними нафтохімічними потоками, проходять дуже повільно і повного самовідновлення земель практично не відбувається.

Відомо декілька принципово різних способів рекультивації ґрунтів забруднених нафтопродуктами.

Термічний і термоекстракційний способи

Нафтопродукти видаляють шляхом прямого спалювання на місці, або в спеціальних установах. Найбільш дешевий спосіб – спалювання нафтопродуктів або нафти на поверхні ґрунту. Цей спосіб неефективний і шкідливий за двох причин: спалювання можливо, якщо нафтопродукти знаходяться на поверхні ґрунту, або зібрані в накопичувачі; на місці спалених нафтопродуктів продуктивність земель, як правило, не відновлюється, а серед продуктів

згоряння, що залишаються на місці або розсіюються у навколишньому середовищі, з'являється багато токсичних, зокрема канцерогенних, речовин.

Спосіб очищення земель і ґрунтів у спеціальних установках шляхом піролізу – коштовний й малоефективний для великих об'ємів ґрунту. По-перше, потрібні трудомікі земляні роботи для укладання його на місце, у результаті чого руйнується природний ландшафт; по-друге, після термічної обробки в очищеному ґрунті можуть залишитися новостворені поліциклічні та ароматичні вуглеводні – джерело канцерогенної небезпеки; по-третє, залишається проблема утилізації екстрактів, що утворюються, оскільки в них утримуються нафтопродукти й інші токсичні речовини.

Екстракційне очищення ґрунту *insitu* поверхнево-активними речовинами

Технологія очищення ґрунтів і ґрунтових вод шляхом їх промивання поверхнево-активними речовинами застосовується, наприклад, на базах ВПС США. Цим способом можна видалити до 86 % нафти й нафтопродуктів, він є найбільш ефективним для глибокозалягаючих водоносних горизонтів. Застосування цього способу в широких масштабах навряд чи доцільно, тому що поверхнево-активні речовини самі забруднюють середовище й з'являється проблема їхнього збору й утилізації.

Мікробіологічна рекультивация із внесенням мікроорганізмів

Очищення земель і ґрунтів шляхом внесення спеціальних культур мікроорганізмів – один із найпоширеніших способів рекультивации, заснований на використанні процесів біодеградації нафти й нафтопродуктів. Сучасний рівень вивченості мікроорганізмів, здатних асимілювати вуглеводні в природних і лабораторних умовах, дозволяє стверджувати можливість регулювання процесів очищення нафтозабруднених земель і ґрунтів. Але багатоступенчатість біохімічних процесів розкладання вуглеводнів різними

групами мікроорганізмів, що ускладнюється розмаїтістю хімічного складу нафти, обумовлює складність регуляції стійкого процесу їхнього розкладання.

Методи рекультивації, що засновані на інтенсифікації процесів самоочищення

Прийоми рекультивації, що створюють умови для роботи пригноблених значним нафтохімічним забрудненням механізмів природного самоочищення ґрунтів, найбільш оптимальні й безпечні для ґрунтових екосистем. При оцінці наслідків нафтового забруднення не завжди можна сказати, чи повернеться ландшафт до стійкого стану або буде незворотно деградувати. Тому в процесі здійснення заходів, пов'язаних з ліквідацією наслідків забруднення порушених земель, необхідно виходити з головного принципу: не нанести природному середовищу більшої шкоди, ніж та, яка уже існує внаслідок забруднення.

Суть концепції самоочищення ландшафтів – максимальна мобілізація їхніх внутрішніх ресурсів на відновлення вихідних функцій. Самовідновлення й рекультивація являють собою нерозривний біохімічний процес. Рекультивація – інтенсифікація процесу самоочищення, що дозволяє використовувати природні умови – кліматичні, ландшафтно-геохімічні й мікробіологічні.

Самоочищення й самовідновлення ґрунтових екосистем, забруднених нафтою й нафтопродуктами, це постадійний біогеохімічний процес трансформації забруднюючих речовин, сполучений з процесом їх фізико-хімічної деградації.

У зв'язку з вищенаведеним, доцільно управляти процесами відновлення біопродуктивності забруднених нафтопродуктами земель, створюючи оптимальні умови для нормального функціонування біотичної складової.

Експериментально встановлено, що в умовах практично повного пригнічення функціонування ґрунтових тварин і рослин визначальна роль в процесах деградації вуглеводнів у ґрунті належить мікроорганізмам які відповідають на нафтохімічне забруднення зростанням валової чисельності й активності вуглеводнеоокислюючих бактерій. У зв'язку з цим усі можливі

шляхи з розроблення природозахисних засобів з метою біодеградації вуглеводнів у ґрунтах повинні бути спрямовані на створення умов інтенсивного розвитку бактеріального біоценозу.

На першому етапі проведення природоохоронних заходів доцільно здійснити видалення забрудненого нафтопродуктами шару ґрунту і донних відкладів, в яких відбулося накопичення нафтопродуктів, і здійснити їх утилізацію одним із запропонованих для таких випадків заходів.

Наступним етапом знешкодження залишків нафтопродуктів є заходи з хімічної меліорації із застосуванням будь якого із запропонованих матеріалів: бентонітових глин, силікатів, бокситових руд, гашеного вапна або інших, які сприяють хімічній деградації нафтопродуктів.

Заключним засобом ліквідації наслідків забруднення території нафтопродуктами на основі співставлення запропонованих методів рекомендується проведення біоремедіації – очищення забрудненого нафтопродуктами ґрунту і донних відкладів із використанням препаратів вуглеводнеоокислюючих мікроорганізмів.

Таким чином, для відновлення екологічного стану техногенно забруднених земель у районі витоку газового конденсату необхідно передбачити комплекс заходів, а саме:

- технічні;
- хімічні та фізико-хімічні;
- біологічні.

Технічний етап рекультивації включає збирання нафтопродукту з поверхні, а також зняття і перевезення донних відкладів і ґрунтів. Зокрема, мулисті відклади з дуже високим вмістом нафтопродуктів потрібно вивезти для очищення на стаціонарних установках, а на периферії осередку забруднення слід посилити аерованість ґрунту шляхом його рихлення. Таким способом посилюється розклад вуглеводнів ґрунтовими мікроорганізмами.

Хімічні та фізико-хімічні методи деконтамінації спрямовані на зв'язування вуглеводнів безпосередньо у донних відкладах і ґрунті, зменшення їх рухомості

та, як наслідок - зниження надходження до рослин і природних вод. Зазначені прийоми доцільно рекомендувати саме для локального осередку забруднення території, у якому досить ефективно й економічно виправдано використання природних та штучних сорбентів, глин і глинистих мінералів (цеоліти, вермикуліти, бентоніти тощо). Такий підхід дозволяє заощаджувати витрати, зменшити збиток для сусідніх територій і суміжних середовищ. Враховуючи хімічну природу вуглеводнів нафтопродуктів, можна очікувати, що деяка їхня частка не буде піддаватися біологічному розкладу. Отже, сприяння хімічному розкладу вуглеводнів є доцільним у даному випадку заходом.

Біологічні заходи очищення ґрунтів є головними на етапі біологічної рекультивації цих земель. Ці заходи передбачають активізацію діяльності нативної мікрофлори шляхом систематичного рихлення ґрунту і внесення азотних добрив на прилеглих до осередку забруднення орних землях сільськогосподарського призначення та штучне заселення ґрунту специфічними вуглеводнеоокислювальними мікроорганізмами (інокуляція мікробіологічних препаратів).

За результатами використання для аналогічних цілей біотехнологічних методів найбільш ефективним є метод біоремедіації. Для біоремедіації рекомендується використовувати бактеріальний препарат «Еконадін» – сорбент і деструктор вуглеводнів нафтопродуктів, заснований на застосуванні бактеріальних культур на органічному субстраті – торфі. Механізм дії препарату при очищенні ґрунту складається не тільки із біохімічної деструкції нафтопродуктів високоактивними бактеріями, але й в активізації природних мікробних біоценозів.

Для підвищення біогенності ґрунту перші 3–4 роки меліоративного періоду необхідно утримуватися від використання пестицидів, а для попередження ущільнення ґрунту слід утримуватися від випасу худоби на цих землях.

Тривалість біологічної рекультивації залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня і характеру забруднення площі, ефективності заходів біологічної

рекультивації. У даному випадку термін біологічної рекультивації має складати не менше як три років.

4.12.2. Створення мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами нафтогазоносних територій

У сучасних умовах, коли процес інтенсифікації видобування паливно-енергетичних копалин в Україні став одним із найважливіших завдань державної політики, вирішення проблеми екологічної безпеки на територіях, прилеглих до нафтогазовидобувних та переробних підприємств, набуває надзвичайної актуальності.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.98 №391 «Положення про державну систему моніторингу довкілля» необхідним заходом, спрямованим на запобігання подальшого вуглеводневого забруднення природного середовища, є проведення моніторингу. Основними об'єктами моніторингу є компоненти природного середовища і джерела та фактори їх забруднення.

Оскільки кінцева мета здійснення моніторингу – забезпечення збереження стану довкілля відповідно до встановлених вимог екологічної безпеки природокористування, конче важливим постає питання організації моніторингу на нафтогазоносних територіях з урахуванням специфічних особливостей розповсюдження вуглеводневого забруднення в компонентах ландшафту басейнової геосистеми. Нагальна необхідність вирішення даної проблеми обумовлена тим, що на цей час систематичні спостереження за станом навколишнього природного середовища на нафтогазоносних територіях практично не проводяться. Це пов'язано з розповсюдженням вуглеводневого забруднення на значних територіях. Зважаючи на це, при проведенні спостережень на територіях, забруднених внаслідок функціонування підприємств нафтогазової галузі, доцільно застосовувати економічні технології і ефективні методи досліджень. Використання з цією метою традиційних

еколого-геохімічних та гідрохімічних зйомок малоефективне у зв'язку з тим, що вуглеводневе забруднення має площадковий характер із-за великої кількості різноманітних джерел надходження в природне середовище відходів виробничої діяльності нафтогазовидобувних та переробних підприємств. Крім того, проведення таких зйомок за регулярною мережею на великих територіях пов'язане зі значними витратами коштів та іншими труднощами.

На основі вищевикладеного необхідно створювати регіональні мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами нафтогазоносних територій, що є етапом впровадження стратегії й плану дій Державної системи моніторингу навколишнього природного середовища на рівні адміністративно-територіальних одиниць.

Основною метою створення регіональної мережі є підвищення ефективності функціонування системи моніторингу, що забезпечить потреби органів місцевого самоврядування й громадськості в оперативній і достовірній інформації про стан навколишнього природного середовища на нафтогазоносних територіях.

Завданнями регіональної мережі на території, що підлягає забрудненню нафтопродуктами в результаті функціонування підприємств нафтогазовидобувної та переробної галузей промисловості, є:

- організація систематичних спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами нафтогазоносних територій;
- комплексна оцінка якості ґрунтів, підземних і поверхневих вод, забруднених нафтопродуктами;
- виявлення найбільш екологічно небезпечних джерел забруднення нафтопродуктами нафтогазоносних територій;
- створення й ведення інформаційної бази даних щодо рівня та екологічної безпеки забруднення нафтопродуктами нафтогазоносних територій;

- на основі оцінки й прогнозу екологічного стану підготовка рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо обмеження подальшого забруднення нафтопродуктами нафтогазоносних територій.

Основні принципи функціонування регіональної мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами базуються на положеннях, які викладено в наступних документах:

- Закон України «Про нафту і газ» від 12.07.2001 №2665-III (стаття 45 Охорона навколишнього природного середовища в процесі використання нафтогазоносних надр);
- Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.98 №391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»;
- РД 211.0.8.107–05 від 16.12.2005 «Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня».

4.12.3. Особливості функціонування регіональної мережі спостережень на території, забрудненої нафтопродуктами

З огляду на різноманіття шляхів і джерел надходження вуглеводневих забруднень нафтогазоносних територій, пункти спостережень за станом ґрунтів, поверхневих, підземних вод рекомендується розміщати в такий спосіб:

- на територіях, що підлягають забрудненню нафтопродуктами від площадкових джерел – у межах акумулюючих і трансакумулюючих ландшафтів на основі використання принципу, який враховує каскадність рельєфу в річковому басейні й характер міграційних потоків нафтопродуктів;
- на територіях, що підлягають забрудненню нафтопродуктами від точкових джерел – з урахуванням прив'язки пунктів спостережень до місць розташування й функціональних особливостей відповідного джерела забруднення;
- на територіях, забруднених внаслідок аварійних витоків і розливів нафтопродуктів, рекомендується створювати мережу пунктів спостережень в

оперативному режимі, яка охоплює осередок забруднення й діє аж до ліквідації наслідків аварії і стабілізації екологічного стану забрудненої території згідно з встановленими вимогами до якості ґрунтів, поверхневих, підземних вод.

Специфіка міграції нафтопродуктів у межах водозбірної площі річкового басейну, що характеризується взаємозв'язком і взаємозумовленістю процесу забруднення ґрунтового покриву, підземних і поверхневих вод, обумовлює проведення спостережень за якістю ґрунтів, підземних вод, які використовуються населенням для питних цілей та води водних об'єктів.

В умовах забруднення нафтопродуктами компонентів ландшафту взаємодіє ряд факторів: складність і багатоконпонентність нафтопродуктів – суміші різних вуглеводнів, для більшості з яких не встановлено нормативи ГДК; розмаїтість і мінливість біотичної і абіотичної складових геосистеми та ін. Виходячи із цього, для комплексної оцінки якості поверхневих, підземних вод і ґрунтів, поряд з хімічними показниками, рекомендується використовувати інтегральні показники – токсичність води й фітотоксичність ґрунту, які характеризують біологічну повноцінність води й ґрунту, як середовища мешкання живих організмів.

4.12.4. Опис характеристики району спостережень і рекомендації з відбору проб

Спостереження за станом ґрунтів, поверхневих, підземних вод рекомендується проводити на фіксованих ділянках - пробних площадках, приурочених до ландшафту, що займає однорідний елемент рельєфу або його частину, з однаковим характером зволоження, однорідним ґрунтовим і рослинним покривом і біоценозом. Розмір пробної площадки може коливатися від 1,0 до 5,0 га.

Важливим критерієм вибору місця розташування пробної площадки є наявність водного об'єкта для відбору проб поверхневих вод і донних відкладів, а також населених пунктів, в яких є шахтні колодязі, що використовуються

населенням для питних і технічних цілей. Це пов'язане з тим, що глибина шахтних колодязів, залежно від ландшафтної позиції й глибини залягання підземних вод, змінюється від 2 до 20 м. Такі підземні води водоносних горизонтів у четвертинних відкладеннях, в основному, є незахищеними від забруднень.

У процесі проведення спостережень необхідно зробити детальний опис пробних площадок за такими характеристиками:

- дата спостережень і відбору проб;
- номер і місце розташування пробної площадки (адресна прив'язка, геопозиціювання);
- характеристика рельєфу;
- назва ґрунту із вказівкою типу (чорнозем), підтипу (чорнозем типовий), роду (чорнозем солонцюватий) і виду (піщаний, суглинок та ін.);
- рослинний покрив (основні види трав'янистої рослинності, чагарників, деревних порід та ін.);
- характер господарського використання (сільськогосподарське угіддя та ін.);
- найменування водного об'єкта, особливості берегів, морфологічні й гідрологічні характеристики (ширина, глибина, швидкість течії та ін.), результати візуальних спостережень (наявність плівки, сторонніх домішок, запаху та ін.);
- характеристика джерела підземних (ґрунтових) вод: шахтний колодязь (рівень води), свердловина (глибина) та ін.;
- метеорологічні умови під час проведення спостережень;
- характеристика джерела забруднення (свердловина з видобутку газу, підприємство з комплексної підготовки або переробки вуглеводневої сировини, аварійний розлив нафтопродуктів та ін.).

Основні рекомендації до відбору проб для вимірювання в них вмісту нафтопродуктів і визначення токсичності (проби води) і фітотоксичності (проби ґрунтів) наступні.

В залежності від ступеня ландшафтної однорідності пробної площадки відбирають точкові або об'єднані проби ґрунтів. Точкові проби відбирають на глибині до 20 см. Об'єднану пробу одержують змішуванням точкових проб, відібраних на одній пробній площадці методом конверта. Різновидом об'єднаної проби є так звана гніздова проба, що характеризує усереднений склад ґрунту в місці відбору. Таку пробу одержують шляхом змішування декількох точкових проб, відібраних навколо точки відбору. Проби відбирають бороздковим способом зі стінок прикопки відповідними технічними засобами (ґрунтовий ніж, лопата та ін.). Після видалення із ґрунту коріння рослин та інших сторонніх домішок ґрунт поміщають у щільні паперові пакети й прикріплюють етикетку з позначенням номера і місця відбору проби. Проби ґрунту для вимірювання вмісту нафтопродуктів (масою не менш як 0,25 кг) і визначення фітотоксичності (масою не менш як 1 кг) відбирають в окремі пакети.

Для оцінки впливу розподіленого надходження нафтопродуктів з водозбірної території пункти спостережень на водних об'єктах рекомендується встановлювати з урахуванням ухилу рельєфу.

Проби поверхневих вод відбирають із водних об'єктів на глибині 0–50 см найпростішим пробовідбірним пристроєм (склянка з нержавіючої сталі на штанзі): для визначення вмісту нафтопродуктів проби відбирають у склянці ємності із притертою пробкою обсягом не менш як 1 л. Обсяг проби води для визначення токсичності становить не менш як 1,5 л. Допускається відбір у поліетиленові ємності з-під мінеральної води. Ємності етикетують і розміщують у спеціальну тару (або сумку-холодильник) для транспортування в лабораторію.

З огляду на високу сорбційну здатність нафтопродуктів, одночасно з відбором проб води рекомендується проводити відбір проб донних відкладів. Дані про накопичення нафтопродуктів у донних відкладах дозволяють одержати додаткову інформацію про рівень забруднення території нафтопродуктами.

Проби підземних (грунтових) вод відбирають із шахтних колодязів або інших джерел водопостачання (водозбірних колонок, природних джерел) у населених пунктах, які вибирають із урахуванням рельєфу місцевості в межах (або поблизу) пробної площадки (у напрямку потоку підземних вод). Об'єми і ємності для відбору проб підземних вод ті ж, що й для поверхневих вод.

Відбір проб ґрунтів і підземних (грунтових) вод рекомендується проводити не рідше двох разів на рік (у післяпаводковий період і восени); відбір проб води й донних відкладів у водних об'єктах - не рідше одного разу в квартал (посезонно) з обліком їх гідрологічного режиму водного об'єкту й особливостей функціонування джерел забруднення території нафтопродуктами.

У випадку виникнення аварійних ситуацій (витоку із трубопроводу, розлив нафтопродукту) відбір проб доцільно проводити за графіком, що враховує просторово-часове поширення забруднення нафтопродуктами компонентів навколишнього природного середовища.

Питання для самоконтролю

1. Які є способи рекультивації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами?
2. З якої глибини відбирають точкові проби ґрунту?
3. За якими характеристиками у процесі проведення спостережень необхідно зробити детальний опис пробних площадок?
4. З огляду на різноманіття шляхів і джерел надходження вуглеводневих забруднень нафтогазоносних територій, в який спосіб необхідно розміщувати пункти спостережень за станом ґрунтів, поверхневих, підземних вод?
5. Які завдання регіональної мережі на території, що підлягає забрудненню нафтопродуктами в результаті функціонування підприємств нафтогазовидобувної та переробної галузей промисловості, Ви знаєте?
6. Що таке біоремедіація?

Питання для підготовки до поточного контролю

1. Знати діапазони вимірювання методик контролю вуглеводневого забруднення в різних об'єктах довкілля.
2. Знати характеристики спектральних каналів для Landsat-7.
3. Знати, на чому ґрунтується мультиспектральна класифікація зображень.
4. Формулювати можливості ДЗЗ щодо моніторингу нафтогазових родовищ.
5. На основі чого відбувається вибір оператором еталонних ділянок?
6. Знати, що описують прескриптивні і дескриптивні моделі.
7. Знати, що включають в себе евристичні та статистичні методи прогнозування.
8. Знати тривалість вирішення завдань для оперативного і довгострокового прогнозування.
9. Сформулюйте принцип методики визначення гострої токсичності донних відкладень на хірономідах, критерій токсичності та показник, за яким визначається гостра токсичність.
10. Сформулюйте принцип методики визначення хронічної токсичності донних відкладень на хірономідах, критерій токсичності та показник, за яким визначається хронічна токсичність.
11. Які основні екологічні проблеми вирішуються в результаті польових спостережень на водних об'єктах та лабораторних екотоксикологічних досліджень якості води і донних відкладень?
12. Сформулюйте принцип методики визначення гострої токсичності на церіодафніях, критерій токсичності та показник, за яким визначається гостра токсичність.
13. Сформулюйте принцип методики визначення хронічної токсичності на церіодафніях, критерій токсичності та показники, за якими визначається хронічна токсичність.

14. Охарактеризуйте властивості води, що використовується в експериментах як контрольна і для приготування розбавлень.
15. Знати перелік методів і засобів для знешкодження й очистки від нафтопродуктів геологічного і водного.
16. Знати способи рекультивації ґрунтів забруднених нафтопродуктами.
17. Формулювати суть концепції самоочищення ландшафтів.
18. Знати нормативні документи, в яких викладено основні принципи функціонування регіональної мережі спостережень та контролю за забрудненням нафтопродуктами.

Словник основних термінів

Біологічне тестування води – експериментальне визначення токсичності води [водного середовища] за зміною певного показника життєдіяльності тест-об'єкта.

Видалення відходів – здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації.

Виробник відходів – фізична або юридична особа, діяльність якої призводить до утворення відходів.

Відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник має позбутися шляхом утилізації чи видалення.

Відходи як вторинна сировина – відходи, для утилізації та переробки яких в Україні існують відповідні технології та виробничо-технологічні і/або економічні передумови.

Води – це усі води, що входять до складу природних ланок кругообігу води, і поділяються на:

поверхневі – води різних водних об'єктів, що знаходяться на земній поверхні;

підземні – води, що знаходяться нижче рівня земної поверхні в товщах гірських порід верхньої частини земної кори в усіх фізичних станах;

морські.

Водний об'єкт – це сформований природою або створений штучно об'єкт ландшафту чи геологічна структура, де зосереджуються води (річка, озеро, море, водосховище, болото, струмок).

Водоносний горизонт – підземний шар або шари гірських чи інших геологічних порід достатньо пористих і водопрониклих для того, щоб дозволити значну течію підземних вод або збирання значної кількості підземних вод.

Глобальний моніторинг – це система моніторингу за станом навколишнього природного середовища, що здійснюється у глобальному, загальноземному масштабі.

Гостра летальна токсичність води – летальна токсичність води, зумовлена короткочасною дією токсиканта.

Гостра токсичність води – токсичність води, що виявляється внаслідок короткочасної дії токсиканта.

Державний класифікатор відходів – систематизований перелік кодів та назв відходів, призначений для використання у державній статистиці з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів.

Державний моніторинг довкілля (відповідно до Положення КМУ «Про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. №391) – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження, аналізу й оцінки інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розробка науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Дешифрування космознімка - виявлення, розпізнавання і визначання характеристик об'єктів зондування за їхніми зображеннями на космознімку.

Діапазон реагування тест-об'єкта – унормований інтервал концентрацій еталонної речовини, у межах якого знаходиться вибране значення певної тест-реакції за встановлених умов експозиції.

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

Дифузне джерело забруднення – забруднення, що виникає внаслідок різних видів діяльності, які не можна віднести до точкового джерела, та яке виникає від екстенсивного використання земельних територій (наприклад, сільське господарство, поселення, транспорт, промисловість). Прикладами дифузних джерел забруднення є поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, ерозія, дренаж та підземні потоки.

Діяльність дистанційного зондування Землі з космосу - експлуатування систем ДЗЗ чи окремих її елементів, а також накопичування, оброблення, інтерпретування та розповсюдження даних ДЗЗ.

Добрий стан поверхневих вод – стан поверхневого водного об'єкта, коли як його екологічний стан, так і його хімічний стан відповідають нормам здорового життя.

Довгостроковий моніторинг – звичайно той, що триває довше двох років.

Донні відкладення – донні наноси та тверді частинки, що утворилися та осіли на дно водного об'єкта внаслідок фізико-хімічних і біохімічних процесів, які відбуваються в ньому з речовинами як природного, так і техногенного походження.

Еталонна речовина – стандартний хімічний реактив з певними фізико-хімічними властивостями, який використовують для встановлення похибки визначень токсичності води [водного середовища] і діапазону реагування тест-об'єкта.

Ефективна концентрація (ЕК) – концентрація токсиканта, яка спричиняє певну тест-реакцію за встановлених умов експозиції.

Забрудненість ґрунтів хімічною речовиною – величина, що характеризує перевищення норм щодо хімічного складу ґрунтів.

Забруднення – пряме або непряме внесення внаслідок діяльності людини речовин або тепла у воду, що може бути небезпечним для здоров'я людини або якості водних екосистем чи для безпосередньо залежних від них наземних екосистем. Це призводить до псування матеріальних цінностей або до погіршення чи ушкодження корисних властивостей довкілля та можливості законного користування довкіллям.

Забруднююча пріоритетна речовина – забруднююча ґрунти хімічна речовина, яка підлягає спостереженню у першу чергу.

Забруднююча ґрунти хімічна речовина – хімічна речовина, яка надходить до ґрунту через антропогенну діяльність і здатна спричинити несприятливий вплив на якість ґрунтів та рослинності.

Загальний (стандартний) моніторинг – це оптимальні за кількістю параметрів систематичні спостереження на пунктах, які об'єднані в єдину інформаційно-технологічну мережу, що дає можливість на підставі оцінки і прогнозування стану навколишнього природного середовища розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень на всіх рівнях.

Засіб передавання даних дистанційного зондування Землі на Землю технічний – пристрій, призначений для передавання даних ДЗЗ та допоміжної інформації з космічного апарата до наземних станцій приймання та реєстрування.

Захоронення відходів – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

Зберігання відходів – тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (до їх утилізації чи видалення).

Збирання відходів – діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення.

Знешкодження відходів – зменшення чи усунення небезпечності відходів шляхом механічної, фізико-хімічної чи біологічної обробки.

Здатність видового технічного засобу ДЗЗ розрізнявальна – здатність видового технічного засобу ДЗЗ роздільно відтворювати зображення двох найбільш наближених елементів об'єкта або об'єктів зондування.

Знімок – зображення об'єкта, отримане знімальною системою у вигляді двовимірного чи іншого запису, який дає змогу відтворювати двовимірне зображення об'єкта.

Зображення – просторове двовимірне чи тривимірне подання об'єкта або сцени, отримане внаслідок оброблення первинних даних ДЗЗ.

Зображення аналогове – зображення, розподіл яскравостей якого визначають аналоговою функцією.

Зображення багатоспектральне – два чи більше зображення тієї самої сцени, отримані одночасно в різних діапазонах електромагнітного спектру.

Зображення індексне – цифрове зображення, значення кожного пікселя в якому визначають на основі індексів.

Зображення моноспектральне – зображення сцени, отримане технічним засобом ДЗЗ в одному спектральному каналі.

Зображення цифрове – зображення, представлене у вигляді здискретизованого набору пікселів.

Зондування дистанційне – отримування даних про об'єкт зондування на відстані без безпосереднього контакту з ним.

Зондування Землі з космосу дистанційне – отримування даних про Землю з космосу, що базуються на властивостях електромагнітних хвиль, випромінюваних, відбиваних, поглинаних чи розсіюваних об'єктами зондування.

Зсув зображення – спотворення зображення об'єкта зондування, обумовлене просторовим зміщенням сигналів від його елементів в площині фоточутливих елементів фотоприймального пристрою видового технічного засобу ДЗЗ внаслідок руху космічного апарата

Екологічна ситуація – сукупність станів об'єктів та/або суб'єктів природного середовища у межах визначеної території (ландшафт, річковий басейн, територіально-адміністративний район, територія міста) у визначений проміжок часу.

Екологічний стан території – сукупність хімічних, фізичних та біологічних характеристик даної території, що визначають ступінь антропогенного впливу на неї.

Екологічний стандарт якості – концентрація окремої речовини-забрудника або групи речовин у воді, осаді або біоті, яку не можна перевищувати для того, щоб захистити здоров'я людини та довкілля.

Інфрачервона спектроскопія – один із фізичних методів дослідження будови й аналізу органічних та неорганічних речовин. Інфрачервоний спектр характеризується комбінаційними обертовими коливаннями С–Н, N–H, O–H зв'язків, що є особливістю інфрачервоної спектроскопії.

Контроль хімічного забруднення ґрунту – перевірка відповідності хімічного забруднення ґрунту встановленим нормам і вимогам.

Кризовий (оперативний) моніторинг – це спостереження за спеціальними показниками (вміст нафтопродуктів при аварійних розливах, радіонуклідів при аваріях на АЕС та ін.) на цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу на окремих об'єктах, джерелах підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначені як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками з метою забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації, ліквідації наслідків аварії, створення безпечних умов для здоров'я населення і функціонування наземних та водних екосистем.

Критерій токсичності – встановлене значення тест-реакції за певних умов експозиції, на підставі якого роблять висновок щодо токсичності води.

Легенда – текстовий опис результатів дешифрування космознімка.

Летальна концентрація (ЛК) – концентрація токсиканта, яка спричиняє загибель певного відсотка тест-об'єкта за встановлених умов експозиції.

Летальна токсичність води – токсичність води, що призводить до загибелі водного організму.

Лідар – активний невидовий технічний засіб ДЗЗ із використанням лазера.

Масштаб знімання з космосу – відношення лінійного розміру об'єкта зондування на зображенні до істинного лінійного розміру цього об'єкта.

Міграція забруднюючої ґрунт хімічної речовини – горизонтальні та (або) вертикальні переміщення забруднюючої хімічної речовини у ґрунті та (або) з нього в інші об'єкти природного середовища і навпаки.

Нафтопродукти – це сума неполярних і малополярних вуглеводнів (аліфатичних, ароматичних, ациклічних), що становлять головну й найбільш характерну їхню частину – 70–90 % від суми всіх речовин, що є присутніми у нафтопродуктах.

Небезпечні відходи – відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів та засобів поводження з ними.

Небезпечні речовини – речовини або групи речовин, що є токсичними, стійкими і здатними до біоаккумуляції, та інші речовини або групи речовин, які викликають еквівалентний рівень стурбованості.

Об'єкти поводження з відходами – місця чи об'єкти, що використовуються для збирання, зберігання, оброблення, утилізації, видалення, знешкодження та захоронення відходів.

Оброблення (переробка) відходів – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою їх підготовки до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення.

Операції поводження з відходами – збирання, перевезення, зберігання, оброблення (перероблення), утилізація, видалення, знешкодження і захоронення відходів.

Перевезення відходів – транспортування відходів від місць їх утворення або зберігання до місць чи об'єктів оброблення, утилізації чи видалення.

Підземні води – води, що знаходяться нижче поверхні землі у зоні насичення в безпосередньому контакті з ґрунтом або підґрунтям.

Підземний водний об'єкт – певний обсяг підземних вод у межах одного чи декількох водоносних горизонтів.

Піксел – найменший елемент цифрового зображення, яскравість якого незмінна у межах цього елемента.

Поверхнева щільність хімічного забруднення ґрунтів – маса забруднюючої ґрунт хімічної речовини в шарі заданої глибини, що віднесена до одиниці поверхні ґрунту.

Поверхневі води – води суші, за винятком підземних вод; перехідні (проміжні) води та прибережні (морські) води, проте якщо йдеться про хімічний стан, сюди включаються також територіальні води.

Поводження з відходами – дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення.

Показник життєдіяльності водного організму – морфологічна, фізіологічна, біохімічна чи інша характеристика стану водного організму.

Показник токсичності – показник життєдіяльності водного організму, за яким оцінюють токсичність води [водного середовища].

Пункт спостережень – місце, в якому проводиться комплекс робіт для отримання даних щодо складу та властивостей води.

Рівень токсичності води – кількісна характеристика токсичності води, визначувана через мінімальну кратність розбавлення, за якого токсичність води вже не виявляється.

Річковий басейн – площа землі, з якої усі поверхневі потоки, проходячи послідовно струмки, річки та, можливо, озера, течуть до моря через окреме річкове гирло, естуарій або дельту.

Розміщення відходів – зберігання та захоронення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи об'єктах.

Самоочищення ґрунту – зменшення кількості забруднюючої ґрунт хімічної речовини в результаті процесів, що відбуваються у ґрунті: міграції, перетворення, розкладання.

Середня летальна концентрація (ЛК₅₀) – летальна концентрація токсиканта, за якої гине 50 % тест-об'єкта.

Сканер багатоспектральний – сканер, який працює водночас у декількох спектральних діапазонах.

Сканер лінійковий – сканер, який формує зображення сцени рядками. Елементи кожного рядку формують за допомогою лінійкового фотоприймального пристрою, орієнтованого перпендикулярно маршруту польоту, а перехід до формування чергового рядку зображення забезпечується завдяки поступовому руху космічного апарату.

Сканер оптико-електронний – сканер, який формує елементи зображення сцени за допомогою оптико-електронного пристрою.

Сканер оптико-механічний – сканер, який формує елементи зображення сцени за допомогою оптико-механічного пристрою.

Скатерометр – активний невидовий технічний засіб ДЗЗ, який реєструє величину інтенсивності розсіяного зворотного, після відбиття від об'єктів зондування, мікрохвильового або оптичного випромінювання. Звичайно величину інтенсивності вимірюють окремо для різних кутових напрямків відбиття зворотного випромінювання.

Смуга захоплення – смуга на поверхні Землі уздовж траєкторії польоту космічного апарата, ширину якої визначає здатність технічного засобу ДЗЗ отримувати дані ДЗЗ під час знімання.

Смуга огляду – смуга на поверхні Землі уздовж напрямку польоту космічного апарата, ширину якої визначає поле зору технічного засобу ДЗЗ, а довжину – тривалість знімання, вимірювана в лінійних одиницях.

Сорбент – тверда речовина, рідина або їх суміш, здатна поглинати або втримувати гази, пари або розчинені речовини, що використовуються в хроматографії як нерухома фаза.

Спектрометр – прилад, який вимірює розподіл інтенсивності електромагнітного випромінювання на різних довжинах хвиль.

Спеціально відведені місця чи об'єкти – місця чи об'єкти (місця розміщення відходів, сховища, полігони, комплекси, споруди, ділянки надр тощо), на використання яких отримано дозвіл спеціально уповноважених органів на видалення відходів чи здійснення інших операцій з відходами.

Спектрофотометрія – метод дослідження та аналізу речовин, заснований на вимірюванні спектрів поглинання в області електромагнітного випромінювання.

Спектральний аналіз – це сукупність методів визначення елементного і молекулярного складу та будови речовин за їх спектрами. За допомогою спектрального аналізу визначають як основні компоненти, що становлять 50–60 % речовини аналізованого об'єкта, так і незначні компоненти.

Стан поверхневих та підземних вод – умови у водному об'єкті, створені як природними, так і антропогенними чинниками (тобто фізичні, хімічні та біологічні характеристики).

Створ – умовний поперечний перетин водного об'єкта, у якому проводиться комплекс робіт для отримання даних щодо складу та властивостей води.

Сукупний токсичний ефект – токсичний ефект дії кількох токсикантів.

Тест-об'єкт – чутливий до дії токсикантів організм, спеціально підготовлений за лабораторних умов до біотестування.

Тест-реакція – зміна вибраного показника життєдіяльності тест-об'єкта під впливом токсиканта.

Токсикант – речовина, здатна за певної концентрації призводити до патологічних змін в організмі або до його загибелі.

Токсикологія води – розділ токсикології, який вивчає токсичні властивості водного середовища та вплив його на водні організми.

Токсичний ефект – результат впливу токсиканта на водний організм.

Токсичність води [водного середовища] – зумовлена наявністю токсикантів властивість води [водного середовища], що характеризує її [його] здатність порушувати життєдіяльність водних організмів.

Транскордонне перевезення відходів – транспортування відходів з території, на/або через територію України, на територію або через територію іншої держави.

Утилізація відходів – використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів.

Фоновий (науковий) моніторинг – спостереження, що здійснюються у спеціально визначених природоохоронних зонах (природних і біосферних заповідниках, базових станціях тощо) з метою вивчення закономірностей розвитку, оцінки та прогнозування зміни стану екосистем; у віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності зонах; для одержання інформації з метою визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення навколишнього природного середовища певних територій в умовах антропогенного навантаження або такого, що здійснюється для наукового обґрунтування проектів будівництва та реконструкції господарських об'єктів і оптимізації їх функціонування.

Хімічне забруднення ґрунтів – зміна хімічного складу ґрунту в результаті антропогенної діяльності, здатне викликати погіршення його якості. Зміна хімічного складу обумовлена не тільки появою нових хімічних речовин, яких немає у незабрудненому природному ґрунті, але і збільшенням вмісту речовин, які характерні для складу цього незабрудненого природного ґрунту.

Хроматографія – метод розділення суміші речовин, оснований на різниці у швидкості переміщення окремих компонентів у системі фаз, що не змішуються і рухаються одна відносно одної.

Хронічна токсичність води – токсичність води, що виявляється внаслідок тривалої (понад 96 год) токсиканта.

Час самоочищення ґрунту – інтервал часу, за який відбувається зменшення масової долі забруднюючої ґрунт хімічної речовини на 96 % від первинного значення або до його фонового вмісту.

Чутливість водного організму – здатність водного організму реагувати на дію різних чинників, у тому числі токсикантів.

Якість ґрунтів – характеристика складу та властивостей ґрунтів, що визначає їх родючість.

Список використаної літератури

1. Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько — К. : Манускрипт, 1998. — 350 с.
2. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Э. Ю. Безуглая — Л. : Гидрометеиздат, 1986. — 200 с.
3. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / А. А. Беккер, Т. Б. Агаев. — Л. : Гидрометеиздат, 1989.
4. Белогуров В. П. Концепция системы экологического мониторинга Украины / В. П. Белогуров. — Харьков, 1996.
5. Василенко П. А. Анализ современных отечественных и зарубежных концепции производственного экологического мониторинга нефтегазового комплекса и ликвидации последствий чрезвычайных ситуации на этих объектах / П.А.Василенко, С.Г.Корниенко // Отчет по НИР ФНПЦ Нефтегазаэрокосмос. — М.: НПНГ, 1997. — С. 33
6. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. — К. : 2006. — 244 с.
7. Водний Кодекс України (Відомості Верховної Ради, 1995, № 24, ст.189) (введений в дію Постановою ВР № 214/95-ВР від 06.06.95).
8. Герасимов И. П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР, сер. Геогр. — № 3. — 1975. — С. 13-25.
9. Герасимов И. П. Мониторинг окружающей среды. Современные проблемы географии / И. П. Герасимов. — М. : Наука, 1976. — С. 19–29.
10. ДСТУ 4173–2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). — К.: Держспоживстандарт України, 2004.
11. ДСТУ 4166–2003. Якість води. Випробування за пригніченням росту прісноводних водоростей *Scenedesmus subspicatus*, *Scenedesmus quadricauda* і

Selenastrum capricornutum (ISO 8692:1989, MOD). – К.: Держспоживстандарт України, 2004.

12. ДСТУ 4074-2001 Якість води. Визначання гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Статичний метод (ISO 7346-1:1996, MOD). – К.: Держспоживстандарт України, 2003.

13. Егорова К. В. Оценка токсичности нефтепромысловых сточных вод / К.В. Егорова, С. К. Зарипова, А. П. Арсентьева. – Казань: гос. Ун-т, 1997. – С.

14. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 398 с.

15. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод. – К.: Мінекоресурсів України, 2001.

16. Клименко М. О. Моніторинг довкілля : підручник / М. О.Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк — К. : Академія, 2006. — 360 с.

17. КНД 211.1.4.054–97 Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus // Біотестування у природоохоронній практиці. – К., 1997.

18. КНД 211.1.4.055–97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. // Біотестування у природоохоронній практиці. – К., 1997.

19. КНД 211.1.4.058–97. Методика визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb // Біотестування у природоохоронній практиці. – К., 1997.

20. КНД 211.1.4.057-97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на рибах *Poecillia reticulata* Peters. // Біотестування у природоохоронній практиці. – К., 1997.

21. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля : підручник / О. М. Крайнюков. — Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. – 176 с.

22. Крайнюкова А. Н. Биотестирование в охране вод от загрязнения / А. Н. Крайнюкова // Методы биотестирования вод. – Черноголовка, 1988. – С.4–14.

23. *Красовський Г. Я.* Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водопостачання міст / Г. Я. Красовський, В. А. Петросов — К. : Наукова думка, 2003. — 224 с.

24. *Методика визначення рівнів токсичності поверхневих і зворотних вод для контролю відповідності їх якості встановленим нормативним вимогам.* — К.: Мінекобезпеки України, 2000.

25. *Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник* / [В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна] ; за ред. В. І. Лаврика. — К. : ВЦ Академія, 2010. — 400 с.

26. *Леляк О. Г.* Моніторинг довкілля : навчальний посібник / О. Г. Леляк, Г. С. Ратушняк — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 140 с.

27. *Патент на корисну модель № 45053.* Спосіб біологічного тестування. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України 26.10.2009.

28. *Патент на корисну модель № 45811.* Пристрій для біологічного тестування води. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України 25.11.2009.

29. *Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391* «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» зі змінами і доповненнями. — 54 с.

30. *Постанова Кабінету Міністрів України від 9 березня 1999 р. № 343* «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», зі змінами та доповненнями.