
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ

УДК 504.53.062.4

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.22>

ПОТЕНЦІЙНА НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ТА НАСЕЛЕННЯ ВІД НАФТОХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В НАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Диняк О.В., Кошлякова І.Є.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

вул. Васильківська, 90, 03022, м. Київ

dyniak_o_v@knu.ua, iryna.koshliakova@knu.ua

Однією з найбільш гострих соціально-економічних проблем є стан навколишнього природного середовища, адже він прямо або побічно зачіпає інтереси кожної людини. До глобальних проблем сучасності за своїми масштабами і значенням відносять екологічні проблеми, до того ж вони не мають державних кордонів і прямо не залежать від того на території якої країни відбуваються військові дії. Будь-яка війна несе величезні екологічні загрози для населення, але бойові дії в Україні можуть призвести до особливо катастрофічних наслідків для навколишнього середовища. Питання щодо впливу військової діяльності на здоров'я людини постало перед суспільством дуже гостро. На сьогоднішній день забруднення ґрунту нафтою і нафтопродуктами є однією з найбільш гострих екологічних проблем, що призводить до великого числа негативних наслідків. Серед них зміна морфологічних, фізико-хімічних і хімічних характеристик ґрунту; зменшення дренажу; зниження біологічної активності і здатності до самоочищення і самовідновлення; порушення екологічної рівноваги в ґрунтовому біоценозі. Найбільш небезпечними елементами цих процесів для забруднення геологічного середовища є процеси, які пов'язані з накопиченням нафтопродуктів у ґрунтах і їх поширенням у підземних водах, з можливістю їхнього довгострокового впливу. На базах зберігання органічних речовин, коли розглядаються стаціонарні умови, зазвичай накопичення витоку відбувається повільно, і навколишнє середовище в той чи інший спосіб може самочинно регулювати міграцію цих речовин. При аварійних розливах питоми навантаження забруднень не можуть стримуватися природними факторами. В Україні не існує загальноприйнятої методики дослідження та моніторингу для забруднених нафтопродуктами територій. Наявні лише методичні розробки загально екологічного спрямування. На сьогодні виконуються в основному оцінки техногенного навантаження, в результаті військової діяльності на екосистему та сучасний стан території тощо. Водночас, не досліджується вплив небезпечних і шкідливих екологічних факторів на військовослужбовців та населення. Відсутність чи незначна кількість обігових коштів на природоохоронні заходи, морально й фізично застаріле обладнання, закритість інформації, замінованість територій, а головне – відсутність законодавчої бази для боротьби з цими наслідками вимагає нагальних та першочергових заходів. Оскільки, з одного боку ґрунти та підземні води чутливі до впливу людини і військових дій, а з іншого, у держави не буде першочергово коштів і уваги на їх відновлення. Виникає необхідність проаналізувати способи боротьби з наслідками розливів нафтопродуктів та їх ефективність заходів стосовно до конкретних умов, з метою якнайшвидшого усунення наслідків та мінімізації шкоди навколишньому середовищу і населенню. Визначення пріоритетних напрямків при обстеженні забруднених територій, а також оптимального підходу для відновлення довкілля та природних ресурсів, вивчення багатофакторного характеру взаємодії нафтопродуктів з усіма складовими геологічного середовища дуже актуально. *Ключові слова:* нафтохімічне забруднення, ґрунти, ґрунтові води.

Potential danger to the environment and population from petrochemical pollution of the geological environment as a result of military operations. Dyniak O., Koshliakova I.

One of the most acute socio-economic problems is the state of the environment, as it directly or indirectly affects the interests of every person. Environmental problems are among the global problems of our time in terms of their scale and importance, and they have no state borders and do not directly depend on the territory of the country where military operations are taking place. Any war poses enormous environmental threats to the population, but the fighting in Ukraine can lead to particularly catastrophic consequences for the environment. The issue of the impact of military activities on human health has become a very acute one for society. Today, soil contamination with oil and oil products is one of the most acute environmental problems, leading to a large number of negative consequences. These include changes in the morphological, physical, chemical and chemical characteristics of the soil; reduced drainage; reduced biological activity and ability to self-purification and self-healing; and disruption of the ecological balance in the soil biocenosis. The most dangerous elements of these processes for geological environment pollution are those associated with the accumulation of oil products in soils and their spread in groundwater, with the possibility of their long-term impact. At organic substance storage facilities, when steady-state conditions are considered, leakage usually accumulates slowly, and the environment can regulate the migration of these substances in one way or another. In the case of accidental spills, specific pollution loads cannot be contained by natural factors. In Ukraine, there is no generally accepted methodology for research and monitoring of oil-contaminated areas. There are only methodological developments of a general environmental nature. Today, assessments are mainly carried out to evaluate the anthropogenic impact of military activities on the ecosystem and the current state of the territory, etc. At the same time, the impact of hazardous and harmful environmental factors on military personnel and the population is not studied. The absence or insignificant amount of working capital for environmental protection measures, obsolete and physically outdated equipment, lack of information, mined areas, and most importantly, the lack of a legislative framework to combat these consequences require urgent

and priority measures. On the one hand, soil and groundwater are sensitive to human impact and military operations, and on the other hand, the state will not have the funds and attention to restore them. There is a need to analyze the ways of dealing with the consequences of oil spills and their effectiveness in relation to specific conditions, in order to eliminate the consequences as soon as possible and minimize damage to the environment and the population. Identifying priority areas for surveying contaminated areas, as well as the optimal approach to restoring the environment and natural resources, and studying the multifactorial nature of the interaction of oil products with all components of the geological environment is very important. *Key words*: petrochemical pollution, soil, groundwater.

Постановка проблеми. Відомо, що нафта і нафтопродукти відносяться до числа самих небезпечних і поширених поліютантів геологічного середовища. Це є глобальною екологічною проблемою, і особливо враховуючи нові виклики пов'язані з воєнними діями на території України. Вплив війни на навколишнє середовище почався ще до початку широкомасштабного вторгнення. Нарощування збройних сил і підтримка їхньої готовності споживає багато ресурсів. Військове спорядження та транспортні засоби потребують енергії, яка зазвичай надходить з нафти, а викиди CO₂ у численних військових формувань є більшими, ніж у багатьох країнах світу разом узятих. Самі бойові дії призводять до не менших небезпек: розлите паливо, зруйнована техніка та відпрацьована зброя, підірвані ракети — все це забруднює ґрунт та ґрунтові води хімічними речовинами та важкими металами.

В результаті воєнних дій зруйновано значну кількість складів паливо-мастильних матеріалів. Крім економічних збитків, відбуваються значні руйнування, пожежі, вигорання ґрунту, частина нафтопродуктів проникає в підземний простір.

Виникає необхідність проаналізувати способи боротьби з наслідками розливів і їх ефективність стосовно до конкретних умов, з метою якнайшвидшого усунення наслідків та мінімізації шкоди навколишньому середовищу і населенню.

Актуальність дослідження. Навіть після завершення війни деякі екологічні наслідки проявлятимуться роками. На територію України випущено велику кількість ракет, БпЛА, снарядів, знищена значна кількість одиниць воєнної техніки різного типу, що призводить до значного накопичення канцерогенного сміття.

Визначення пріоритетних напрямків при обстеження забруднених територій, а також оптимального підходу для відновлення довкілля та природних ресурсів, вивчення багатфакторного характеру взаємодії нафтопродуктів з усіма складовими геологічного середовища дуже актуально. Особливу увагу слід приділяти оцінці шкоди, завданої нафтохімічним забрудненням, яке впливає на екологічний, економічний та соціальний стан країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насьогодні, досвід інженерного дослідження з метою встановлення завданої воєнними діями шкоди та розробки заходів реабілітації забруднених нафтопродуктами територій підземної простору досить обмежений.

Проводилася дослідження з метою ліквідації наслідків розливів нафти та розробки заходів ліквіда-

ції забруднення та відновлення підземної гідросфери внаслідок війни в Перській затоці [1]. Здебільшого розглядалися питання забруднення внаслідок розливів нафти, оскільки воєнні дії призвели до нафтових пожеж, які поширилися на нафтових родовищах Кувейту, в результаті чого великі обсяги сирої нафти потрапили в природне середовище. Велика увага була приділена вивченню впливу нафтових забруднень на морське та прибережне середовище, а також на здоров'я місцевого населення. Інтернаціональні організації та агентства ООН провели дослідження для встановлення масштабів забруднення та розробки програм реабілітації. Набутий досвід, може послужити цінною вихідною точкою для оцінки екологічного стану та розробки стратегій усунення проблем, що виникають внаслідок військових дій [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена. Для забруднених нафтопродуктами територій в Україні не існувало загальноприйнятої методики дослідження та моніторингу, наявні лише методичні розробки загально екологічного спрямування.

Так у 2003 році був прийнятий нормативний документ Міністерства Оборони України «Методика еколого-геологічного дослідження територій військових аеродромів, де виконується ліквідація стратегічних авіакомплексів та їх інфраструктури». В даному документі один розділ був присвячений дослідженню ділянок, які забруднені нафтопродуктами.

За цим документом у процесі дослідження повинні бути зареєстровані:

- ділянки фактично встановлених та ймовірних втрат нафтопродуктів;
- ділянки поверхневого скупчення та інтенсивного забруднення ґрунту нафтопродуктами;
- джерела потрапляння забруднення в яружно-балкову мережу, природні та штучні зниження рельєфу, водойми та водостоки, а також побутові колодязі та дренажні споруди;
- дані, що дозволяють прямо чи опосередковано оцінити величину втрат нафтопродуктів на об'єкті-забруднювачі;
- дані, що дозволяють прямо чи опосередковано оцінити величину дренажу нафтопродуктів;
- ландшафт, стан рослинного покриву, тип ґрунтів, геоморфологічна приналежність ділянок забруднення.

Методологічне або загальнонаукове значення. Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається в наслідок руху та пошкоджень сухопутної

військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель живих організмів.

Розклад нафти і нафтопродуктів у природних умовах відбувається протягом багатьох років. Продукти їх первинного розкладу є набагато сильнішими екотоксикантами від нафтопродуктів. На відміну від нафти легкі вуглеводні мають інші властивості вони більш схильні до міграції і відповідно забруднення підземного простору і особливо питних водоносних горизонтів. Відомо, що стічні води підприємств нафтохімії зберігають токсичність навіть після шести місяців відстоювання, а в місцях розливів нафти і нафтопродуктів на ґрунт трав'яний покрив не з'являється протягом багатьох років [3].

Вуглеводні, потрапляючи в одну з природних сфер (повітряне, водне, ґрунтового), залучаються до міграції речовин, як правило, з часом поширюються в кожній з них.

На поверхні землі і води окислення і біорозкладання невеликої кількості нафтохімічного забруднення можуть відбуватися природним шляхом, а в геологічному середовищі забруднення може зберігатися протягом багатьох десятиліть, поширюючись разом з ґрунтовими водами на великих територіях, що ще однією із прихованих загроз.

Екосистеми можуть переносити різні види забруднення, включаючи нафтохімічне, за умови, що їх концентрація не перевищує допустимих меж. Проте, забруднюючі речовини поступово накопичуються, тому існує ймовірність того, що несприятливі наслідки буде виявлено значно пізніше, що призведе до запізненого вжиття заходів для боротьби із забрудненням. Шкідливий вплив може також залежати від окремих компонентів нафтопродуктів. У випадку нафтохімічного забруднення остаточний вплив на навколишнє середовище буде сильно залежати від шляхів міграції забруднювача, від джерела забруднення, складу нафтопродукту, що забруднює навколишнє середовище, а також умов, що впливають на фізичні, хімічні та біологічні процеси вивітрювання в навколишньому середовищі. Для того, щоб мати можливість зробити оцінку екологічного ризику важливо розуміти як короткострокову, так і довгострокову долю і вплив нафтового забруднення [4].

Першочергової шкоди зазнає атмосфера. Відповідно, особливу увагу слід приділяти виявленню небезпечних сполук, пов'язаних з частинками диму, беручи до уваги часові обмеження. Існує нагальна потреба у відборі проб зважених часток з димового шлейфу поблизу пожеж і з навітряного боку. Особливу увагу слід приділяти реакціям, що відбуваються в атмосфері і які змінюють склад і характеристики диму. Очевидним є те, що най-

більшу небезпеку в атмосфері становлять частинки диму, сажі, які можуть містити гідрофобні, канцерогенні сполуки та речовини. Реакції фотоокислення можуть перетворювати гідрофобні сполуки у гідрофільні структури, що мають поверхнево-активні властивості, які будуть контролювати шляхи розповсюдження забруднювачів у повітрі після осадження на ґрунт або поверхню водного дзеркала.

При цьому найскладніше піддається відновленню ґрунт, оскільки він акумулює і закріплює речовини, які чинять токсичний вплив на рослинність, ґрунтових тварин і груп мікроорганізмів, в результаті чого різко знижується або повністю втрачається його головна властивість – родючість.

Під дією забруднення відбувається трансформація гранулометричного складу – найважливішої генетичної та агрономічної характеристики ґрунту, що впливає на її родючість. Ґрунтові частинки покриваються нафтовою плівкою і відбувається їх агрегування. Поровий простір заповнюється нафтопродуктами, які витісняють повітря і порушують аерацію. Створюються анаеробні умови, що підвищують відновлювальне середовище ґрунту і знижують його окислювальний потенціал, що може призводити до розвитку процесів гниття і навіть поверхневого заболочування ґрунтів замазучування ґрунтів [5].

Гранулометричний склад визначає всі фізичні показники ґрунту: пористість, вологоємність, водопроникність, аерацію, теплоакмуляцією і теплопровідність. Через агрегування ґрунтових частинок під дією нафти і заповнення нею найбільш великих пор ці властивості погіршуються.

Забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами призводить до значних змін фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей, зокрема й зниження водопроникності, збільшення щільності, зменшення опору зсуву. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами тягне порушення повітряного режиму та водних властивостей ґрунтів. При закупорюванні капілярів ґрунтів нафтою порушується аерація і створюються анаеробні умови в ґрунтових процесах. Відзначається зміна і в живих мікроорганізмах що населяють ґрунт, знижується чисельність целюлозорозкладаючих мікроорганізмів і бактерій, які засвоюють сполуки азоту.

Хлоридно-натрієве засолення ґрунтів, що супроводжує нафтове забруднення, призводить до складної перебудови ґрунтового-поглинаючого комплексу, в якому іони натрію починають витісняти кальцій і магній, які переважають в чистому ґрунті. Це, найчастіше, є пусковим механізмом розвитку процесу осолонцювання ґрунтів. В цілому поглинальна здатність ґрунтів знижується, що визначається не тільки зменшенням кількості спожитих катіонів, а й втратою їх здатності обмінюватися через обволікання ґрунтових колоїдів нафтовою плівкою. Зміни в ґрунтового-поглинаючому комплексі викликають порушення лужно-кислотних умов, що викликає під-

луговування початково кислих і слабо-кислих ґрунтів, або підкислення нейтральних ґрунтів. Останнє, ймовірно, пояснюється підвищенням концентрації низькомолекулярних органічних кислот, які продукуються грибною мікрофлорою, активно розвиваються в нафтозабруднених ґрунтах [5, 6].

Разом з нафтою в ґрунт потрапляють важкі метали і металлоорганічні комплекси, в тому числі і такі що містять уран, що може привести до збільшення радіоактивного фону в забруднених місцях.

На поверхні землі і води окислення і біорозкладання невеликої кількості нафтохімічного забруднення можуть відбуватися природним шляхом, а в геологічному середовищі забруднення може зберігатися протягом багатьох десятиліть, що являється однією із проблем, поширюючись разом з ґрунтових водами на великих територіях [7].

Забруднення геологічного середовища нафтопродуктами є глобальною екологічною проблемою, і особливу небезпеку становить для підземних вод зони активного водообміну, які складають біля 30% у забезпеченні питного водопостачання. Нафтопродукти – широко розповсюджені забруднювачі, для яких гранично допустимі концентрації на 1–2 порядки нижче їх розчинності. У зв'язку з цим потрапляння нафтопродуктів у водоносні горизонти робить непридатними для споживання великі об'єми питної води.

Міграція вуглеводневих сполук залежить від властивостей нафтопродуктів, а також від геологічної будови, гідрогеологічних умов, властивостей порового простору та фізико-механічного складу гірських порід. Серед цих властивостей найбільший вплив на процеси міграції мають шаруватість порід, неоднорідність порового простору, властивості випарювання і розчинності, умови сорбції і біодеградації.

Розподіл складових частин балансу нафтопродуктів при просуванні їх у поровому просторі геологічного середовища пов'язаний з умовами переміщення нафтопродуктів від поверхні вниз до рівня ґрунтових вод. На цьому шляху, особливо у верхніх інтервалах зони аерації в літній період, частина нафтопродуктів випаровується, інша частина опускається, концентрується і заповнює поровий простір. Досягнувши зони водонасичених ґрунтів, нафтопродукти поширюються в горизонтальній площині по поверхні ґрунтових вод по потоку його поширення. Причому, чим більше потік підземних вод і коефіцієнти фільтрації ґрунтів, тим більш значне бічне розтікання зони забруднення. Частина нафтопродуктів, що знаходиться в контакт з ґрунтовими водами може розчинятися в них, погіршуючи їхню якість, що особливо небезпечно в районі живлення водозабірних свердловин. Надалі частина нафтопродуктів може бути знищена бактеріями, що окислюють нафтопродукти, (процеси біодеструкції), проте умови їхнього розвитку в геологічному середовищі дуже обмежені. Результати дослідних і геологорозвідувальних даних

свідчать, що процеси очищення і відновлення ґрунтів найбільш активно відбуваються при мінімальній потужності зони аерації, тобто, чим ближче до поверхні, тим інтенсивніше процес випару нафтопродуктів і значно швидше відбуваються і процеси біодеструкції сорбованих ґрунтами нафтопродуктів.

Викладення основного матеріалу. Дослідження вуглеводневого забруднення підземних вод загалом є складним процесом. Більша частина складності пов'язана з тим, що маловивченим процесом переміщення та перетворень вуглеводневих компонентів та їх похідних через ненасичені та насичені ділянки водоносних горизонтів.

Найбільш небезпечними елементами цих процесів для забруднення геологічного середовища є процеси, які пов'язані з накопиченням нафтопродуктів у ґрунтах і їх поширенням у підземних водах, з можливістю їхнього довгострокового впливу.

Для попередньої оцінки розподілу нафтопродуктів у геологічному середовищі необхідно враховувати особливості формування нафтохімічного забруднення, які пов'язані з зоною аерації і верхнього водоносного горизонту. Це перш за все такі природні характеристики: фізико-географічні умови (географічні і гідрологічні особливості) території; геологічна будова верхніх горизонтів (зони аерації) до головного водотриву, якщо такий існує

Таким чином нафтопродукти від основних джерел забруднення через товщу ґрунтів зони аерації досягають поверхні ґрунтових вод, накопичуються, створюючи в зоні аерації над поверхнею ґрунтових вод зону насичену нафтопродуктами. Потужністю такої зони може складати 1,5–2 метри і більше в залежності від об'ємів надходження нафтопродуктів в підземний простір.

Нафтопродукти за рахунок різниці в питомій вазі і здатності не змішуватися з водою заміщають воду в поровому просторі на межі повної водонасиченості ґрунтів зони аерації, розтікаються по поверхні утворюючи лінзу нафтопродуктів, яка розташовується на поверхні ґрунтових вод і рухається в разі з ними.

Забруднення зони аерації нафтопродуктами виражається в вигляді:

- вуглеводневих сполук в газоподібному стані в поровому просторі в зоні капілярного підняття;
- адсорбованих нафтопродуктів елементним складом гірської породи;
- розчинених формах порових розчинів;
- рідких нафтопродуктів, які накопичились на поверхні ґрунтових вод, які складають найбільший об'єм забруднення в геологічному просторі і на цей час є найбільш небезпечними для довкілля, так як самі стали джерелом розповсюдження забруднення.

Велике значення на процеси міграції нафтопродуктів в пористому середовищі мають сезонні коливання рівнів підземних вод, які при змінах положення викликають зміни контактної межі нафтопродуктів з водою. При цьому частина нафтопродуктів затиска-

ється або вище зони насичення, або відводиться вниз від неї, порушуючи водну капілярну кайму. Коливання рівнів підземних вод утворюють рухливу область, яка складається (зверху-вниз) із:

- зони нафтопродуктів в газовій формі;
- зони защемлених нафтопродуктів;
- зони повного насичення;
- зони краплинних нафтопродуктів у воді;
- зони емульгованих і розчинених нафтопродуктів.

Як показує вітчизняний досвід, найбільш ефективним захистом від поширення забруднення з його подальшою ліквідацією є утримання рідкої фази нафтопродуктів і створення умов для життєдіяльності мікрофауни, яка знищує залишки забруднень у ґрунті. Забруднення підземних вод нафтопродуктами в результаті безповоротних втрат при аваріях та природний збиток відмічалися у ряді міст України, зокрема, Херсоні, Луганську, Кременчуці, Луцьку, Узині та ін. У 128 великих водозаборів (сумарні експлуатаційні запаси – 3,8 питних підземних вод млн. м³/добу) знаходяться об'єкти нафтопродуктозабезпечення [8].

Існуючі технічні засоби і технології які дозволяють за допомогою дренажних систем ліквідувати шар рідких нафтопродуктів, які накопичуються на поверхні підземних вод, відкачати значну частину нафтопродуктів в поровому просторі зони аерації. Доступ до повітря запускає процес розвитку мікроорганізмів, що окислюють нафту, знищуючи залишки забруднень і відновлюють захисні властивості навколишнього середовища. Цей процес також можна прискорити за рахунок дегазації (вакуумування) шару, підживлення і розвитку мікроорганізмів, що окислюють масло. Вибір технології та методів ліквідації забруднення проводиться в залежності від конкретних геологічних умов [9].

Багатофакторний характер системи «нафта – навколишнє середовище» часто ускладнює прийняття оптимального рішення. Проте, аналізуючи способи боротьби з наслідками розливів і їх ефективність стосовно до конкретних умов, можна створити ефективну систему заходів, яка в найкоротші терміни усуне наслідки аварійних розливів і мінімізує шкоду навколишньому середовищу і населенню. Використання сучасних технологій дистанційного зондування, геохімічних та гідрогеологічних досліджень допоможе встановити розмір, розподіл та поширення забруднення.

Головні висновки. Ремедіація підземних вод є складним і дорогим процесом, оскільки

вона вимагає високотехнологічних методів та тривалого часу для повного відновлення забруднених ресурсів. Важливо враховувати особливості геологічних умов та характеристик забруднення для вибору найбільш ефективних методів ремедіації.

Забруднення в результаті воєнних дій нафтопродуктами геологічного середовища, викликає одну з найсерйозніших екологічних проблем та катастроф його поширення впливає на життя усіх істот на Землі. В межах поширення негативного впливу використовується багато зусиль, часу, витрат на ліквідацію забруднення. Однак це лише попередня оцінка, яка вимагає ретельного розслідування і, щонайважливіше, встановлення факту завдання одночасно великої, довгострокової і серйозної шкоди. Останнє може бути визначено лише за результатами всеохоплюючого та тривалого моніторингу стану довкілля, що дозволить створити ефективну систему заходів, яка в найкоротші терміни усуне наслідки і мінімізує шкоду навколишньому середовищу від воєнних дій.

Не слід забувати про одну з головних проблем це тривалий обмежений доступ до забруднених ділянок з міркувань безпеки, пов'язаних з окупацією, наявністю мін і боєприпасів, що не вибухнули. Ця проблема перешкоджає обстеженню території, облаштуванню спеціальних моніторингових свердловин та своєчасним заходам з моніторингу та розробки заходів з ліквідації

Перспективи використання результатів дослідження. Майбутні програми з оцінки уражених територій мають бути безпосередньо пов'язані з зусиллями по реабілітації і повинні здійснювати моніторинг ефективності вжитих заходів, а також швидкість і рівень відновлення навколишнього середовища, що зазнало впливу.

Також необхідно проводити моніторинг навколишнього середовища, що охоплюватиме повний сезонний цикл, для оцінки регенерації та хронічного впливу. Визначати коригувальні заходи в методах реабілітації та виконувати остаточну оцінку шкоди, завданої навколишньому середовищу, розробляти та впроваджувати пропозиції щодо подальшого моніторингу.

Важливо проводити освітні та інформаційні кампанії для населення про наслідки нафтохімічного забруднення підземних вод та необхідність екологічної свідомості. Це сприятиме активному участі громадськості у процесі управління водними ресурсами та забезпеченню їхньої стійкої охорони.

Література

1. As Sabriyah and Ar-Rawdatayn Oil Affected Area Soil Survey, Assessing Damage Magnitude and Recovery of the Terrestrial Eco-System *Follow Up of Natural and Induced Desert Recovery* / Grealish G., Omar S., Quinn M. 2001. AACM and KISR, Project FA015C. 84 p.
2. Ground water contamination in Kuwait resulting from the 1991 Gulf War: a preliminary assessment / Mukhopadhyay A. and et. *Ground Water Monit Rem.* 2008. № 28(2), P. 81–93.
3. Екологічний стан ґрунтів України / С.А.Балюк та ін. *Український географічний журнал.* 2012. № 2. С. 38–42.

4. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю. О. Абрамов та ін. Харків : АЦЗУ, 2005. 530 с.
5. Cherapanova K., Chomko D., Duniak O. Approaches to the extraction of liquid petroleum products to eliminate groundwater pollution. *Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspect: Abstract of 20th International Conference, 2021, Kiev, Ukraine, 2021*. P. 1–5.
6. Гаврилюк Р. Б., Загородній Ю. В. Методичні аспекти моніторингу забруднення геологічного середовища нафтопродуктами. *Актуальні проблеми гідрогеології: Матеріали 2-ї наук. конф. Харків, 2015*. С. 77–80.
7. Екологічний та гідрологічний моніторинг / Огняник М. С., Парамонова Н. С., Брикс О. Л., Гаврилюк Р. Б. Київ: LAT&K, 2013. 254 с.
8. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами / О. В. Шестопалов та ін. Харків: НТУ «ХП», 2015. 116 с.
9. Програма реабілітації території територій, забруднених унаслідок військової діяльності, на 2002–2003 рр. *Звіт за результатами еколого-геологічного обстеження території військової частини А 3482 м. Київ (за 2000–2003 рр.)* / Максимов В. Г. Київ: НВЦ «ІНГЕОКОМ», 2015. 172 с.