

РОЗВИТОК МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ПІДЗЕМНИХ ВОД НАФТОПРОДУКТАМИ

М.С. Огняник¹, А.Л. Брикс², Р.Б. Гаврилюк³

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач відділу.*

² *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Кандидат геолого-мінералогічних наук, провідний науковий співробітник.*

³ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: gavrilyuk.ruslan@gmail.com
Кандидат геологічних наук, вчений секретар Інституту геологічних наук НАН України.*

Представлена ретроспектива моніторингових досліджень підземних вод у світі загалом і в Україні зокрема. Необхідність у посиленому вивченні змін якості питних підземних вод у 50-ті роки минулого сторіччя була пов'язана із зростанням водоспоживання і збільшенням скиду відпрацьованих неочищених вод. Проте минуло ще понад 10-15 років, аж поки в світі звернули увагу на втрачені нафтопродукти як на специфічний забруднювач підземної гідросфери. Серед публікацій з проблеми забруднення підземних вод з'явилися роботи, в яких наведені приклади картування забруднених нафтопродуктами ділянок, проведення моніторингових досліджень, якісного опису утворення багатофазних осередків нафтопродуктів у поровому просторі, математичних моделей міграції тощо. В методичних рекомендаціях по гідрогеологічних дослідженнях забруднених територій, які використовувалися в колишньому СРСР, згадувалося про нафтове забруднення, як правило, тільки у зв'язку із міграцією розчинених у воді вуглеводнів. Та ж тенденція зберігалася в Україні, принаймні, до середини 90-х років ХХ ст. У 80-90 рр. в Україні почастишали випадки виявлення прихованих в ґрунтовій товщі осередків втрачених нафтопродуктів. В статті наведені приклади таких осередків, у дослідженні яких Інститут геологічних наук НАН України брав участь. У відділі охорони підземних вод цього інституту сформульована загальна концепція моніторингу забрудненого легкими нафтопродуктами геологічного середовища, наведені методи і способи розв'язання задач моніторингу на різних стадіях досліджень, запропонований принцип оцінки небезпеки нафтопродуктового забруднення природних і господарчих об'єктів та створення навколо об'єктів-джерел потенційного забруднення геологічного середовища попереджувальної зони і розташування в ній спостережних пунктів.

Ключові слова: моніторингові дослідження, забруднення, геологічне середовище, підземні води, нафтопродукти, нафтові вуглеводні.

DEVELOPMENT OF THE MONITORING RESEARCH OF GROUNDWATER CONTAMINATED BY PETROLEUM PRODUCTS

N.S. Ognianik¹, A.L. Bricks², R.B. Havryliuk³

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Doctor of geological-mineralogical sciences, professor, head of department.*

² *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Candidate of geological-mineralogical sciences, leading researcher scientist.*

³ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: gavrilyuk.ruslan@gmail.com
Candidate of geological sciences, scientific secretary.*

A retrospective review of the groundwater monitoring development in the world and particularly in Ukraine is presented here. The need to intensive study of the changes in the drinking groundwater quality in the

50-ies of the last century has been associated with an increase in water consumption and increasing a reset of untreated waste water. However, it took another 10-15 years until the world drew attention to the spilled oil as a specific pollutant of underground hydrosphere. Among articles dealing with the groundwater pollution problem, different publications have appeared which show examples of mapping of oil-contaminated sites, the implementation of specific monitoring, qualitative description of the formation of multi-phase accumulations of petroleum in the pore space, the mathematical migration models, etc. In the methodological recommendations for hydrogeological research of contaminated areas, which were used in the Soviet Union, oil pollution was referred, as a rule, only in connection with the migration of dissolved petroleum hydrocarbons. The same trend has been kept in Ukraine, at least until the mid 90s. In the 80-90 years in Ukraine the cases of detection of previously hidden in the ground the lost petroleum accumulations have become more common. The article gives examples of contaminated sites, in the study of which IGS NAS Ukraine participated. In the department of protection of groundwater IGS NAS Ukraine, the general concept of contaminated geological environment monitoring, methods and ways of solving monitoring tasks in various stages of research were formulated; the principle of risk assessment of an oil product pollution of natural and economic objects and creation around potential contamination source of warning zone and the location of observation posts in it was proposed.

Key words: monitoring research, pollution, geological environment, groundwater, petroleum products, oil hydrocarbons.

РАЗВИТИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СВЯЗИ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Н.С. Огняник¹, А.Л. Брикс², Р.Б. Гаврилюк³

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом.*

² *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua
Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник.*

³ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: gavrilyuk.ruslan@gmail.com
Кандидат геологических наук, ученый секретарь Института геологических наук НАН Украины.*

Представлена ретроспектива мониторинговых исследований подземных вод в мире в целом и в Украине в частности. Необходимость в усиленном изучении изменений качества питьевых подземных вод в 50-е годы прошлого столетия была связана с ростом водопотребления и увеличением сброса отработанных неочищенных вод. Однако прошло еще около 10-15 лет, пока в мире обратили внимание на утраченные нефтепродукты как на специфический загрязнитель подземной гидросферы. Среди публикаций по проблеме загрязнения подземных вод появились работы, в которых приведены примеры картирования загрязненных нефтепродуктами участков, проведения мониторинговых исследований, качественного описания образования многофазных скоплений нефтепродуктов в поровом пространстве, математических моделей миграции и т.д. В методических рекомендациях по гидрогеологическим исследованиям загрязненных территорий, которые использовались в бывшем СССР, упоминалось нефтяное загрязнение, как правило, только в связи с миграцией растворенных в воде нефтяных углеводородов. Та же тенденция сохранялась в Украине, по крайней мере, до середины 90-х годов. В 80-90 гг. в Украине участились случаи выявления скрытых в грунтовой толще скоплений утраченных нефтепродуктов. В статье приведены примеры таких скоплений, в исследовании которых Институт геологических наук НАН Украины принимал участие. В отделе охраны подземных вод этого института сформулирована общая концепция мониторинга загрязненной нефтепродуктами геологической среды, приведены методы и способы решения задач мониторинга на разных стадиях исследований, предложен принцип оценки опасности нефтепродуктового загрязнения природных и хозяйственных объектов и создания вокруг объектов-источников потенциального загрязнения геологической среды предупреждающей зоны и расположения в ней наблюдательных пунктов.

Ключевые слова: мониторинговые исследования, загрязнения, геологическая среда, подземные воды, нефтепродукты, нефтяные углеводороды.

Вступ

У 30-ті роки минулого сторіччя відмічається підвищення інтересу до спостереження за якістю водних ресурсів, зокрема підземних вод. Щоправда, від початку цей інтерес виник у зв'язку з бактеріальним забрудненням низки джерел водопостачання, що привело в кінці XIX – на початку XX ст. до епідемій (дизентерія, тиф, холера) в країнах Західної Європи, США і Росії. В 30-ті роки XX ст. проблема охорони підземних вод обговорюється не тільки в санітарному аспекті, але й у зв'язку з іншими небезпечними явищами: зсувами, припливами в шахти, карстоутвореннями та ін.

Тим не менше, в першій половині XX ст. ситуація в області забезпечення водою в цілому здавалася далекою від кризи. Окремі випадки забруднення водних ресурсів, якщо такі відмічалися за межами колишнього Радянського Союзу, пояснювалися «хижацькою природою капіталістичної системи», натомість, аналогічні події у СРСР інтерпретувалися як результат «помилку у розподілі продуктивних сил в країні, які суперечать принципам планового розвитку економіки».

Бурхливий зріст промислового і сільськогосподарського виробництва у післявоєнний період викликав таке саме збільшення водоспоживання і, як наслідок, збільшення скиду відпрацьованих та зазвичай неочищених вод. Виникла необхідність у систематичних спостереженнях за змінами у режимі підземних вод. Термін «**моніторинг**» з'явився перед проведенням Стокгольмської конференції ООН по навколишньому середовищу (5–16 червня 1972 р.) в доповнення до терміну «**контроль**», який, на відміну від спостережень і реєстрації даних, передбачає активні дії, а саме – оцінку змін, що відбуваються, їх прогнозування і розробку керуючих рішень. Таке розширене трактування **моніторингу*** в наш час превалює, принаймні, в сфері природничих наук.

Історія розвитку моніторингу забруднених нафтопродуктами ділянок геологічного середовища (ГС)

У 50-ті роки XX ст. в колишньому СРСР формується Державна мережа гідрологічних пунктів спостережень [Попов, 1955]. Кількість їх

(свердловини, колодязі, джерела, водомірні пости та ін.), розташування, постановка задач і методика реалізації — все це визначалося централізованим порядком з урахуванням результатів попередніх досліджень і відомої перспективи господарчого розвитку того чи іншого регіону. При постановці задач основна увага приділялася спостереженням за рівневим режимом і визначенню складових балансу підземних вод, хоча деякий обсяг гідрохімічних досліджень також передбачався. Проте серед контрольованих показників якості підземних вод вміст вуглеводнів (ВВ) або нафтопродуктів (НП) навіть не згадувався.

В більшості повідомлень, надісланих у відповідь на запит Секретаріату міжнародного семінару, присвяченого проблемі забруднення підземних і поверхневих вод нафтою і НП [Матеріали..., 1970], наявність проблеми хоча і визнавалася, але серйозна небезпека на найближчу перспективу не передбачалася. В США, Італії, Нідерландах існуючу небезпеку для морів і рік пов'язували із епізодичними розливами нафти і НП у результаті руйнування танкерів чи нафтопроводів. У Румунії проблему забруднення визнали актуальною тільки для районів нафтовидобування. В СРСР основними джерелами забруднення були названі підприємства нафтової промисловості і застарілі очисні споруди. Тому вирішення проблеми вбачалося виключно в руслі вдосконалення технології очищення стічних вод. З України надійшло найбільш «оптимістичне» повідомлення [Матеріали..., 1970, ст. 88]: «В даний час і в перспективі на найближче десятиріччя немає загрози забруднення поверхневих і підземних вод нафтою и нафтопродуктами. На підприємствах нафтової промисловості експлуатуються споруди механічного і біологічного очищення промислових стічних вод. Скидання стічних вод обмежується впровадженням оборотного водопостачання».

З позицій сьогодення найбільш реалістичною слід визнати «німецьку» точку зору. Так, ФРН повідомила, що проблема нафтового забруднення в країні існує вже 15 років поки що лише в промислових районах, але можна

* Моніторинг оточуючого середовища (від лат. monitor – той, що контролює, попереджає) – система спостереження і контролю за природно-антропогенними комплексами з метою забезпечення раціонального використання природних ресурсів і охорони природного середовища (Географічна енциклопедія України. – К.: УРЕ, 1990. – 480 с.).

очікувати її розповсюдження на всю територію країни. В НДР визнали поступове загострення ситуації в 60-ті роки минулого сторіччя у зв'язку із створенням великих нафтохранищ, мережі АЗС та нафтопродуктопроводів. Причому поширення забруднених територій пов'язувалося не стільки з аваріями, як з посиленням інтенсивності систематичних втрат зі хранищ і трубопроводів у міру збільшення строку їх експлуатації. Цей висновок згодом став домінуючим повсюдно.

В 60–70-ті роки в Україні факти надходження рідких або розчинених НП у місця природного дренажу чи відбору ґрунтових вод дрібними користувачами, очевидно, були настільки рідкісні й незначні за своїми наслідками, що сприймалися як випадкові події, які не заслуговують на серйозну увагу. Через відсутність не те що спеціалізованого* моніторингу, а навіть звичайних спостережень за режимом підземних вод у місцях розташування об'єктів нафтопродуктового забезпечення, процеси формування в підземній гідросфері забруднених ділянок мали переважно прихований характер.

В 70–80-х роках ситуація почала суттєво змінюватися. Почастішали випадки виходу назовні (в місцях природного чи штучного дренажу підземних вод) вміщуючих ВВ потоків. Ініційовані цими випадками польові дослідження виявили чималі і різноманітні за формою та будовою осередки забруднення ГС нафтопродуктами. На цей період припадає збільшення публікацій, присвячених опису причин та джерел надходження в ГС так званих *неводних фаз рідини* (NAPL) або рідин, які не змішуються з водою, визначенню принципів міграції NAPL в насичених і ненасичених зонах ГС за результатами польових експериментів і лабораторних досліджень [Holzer, 1976, King, 1984; Matis, 1971; Mercer, Cohen, 1990; Pinder, Abriola, 1986; Schwille, 1975; Williams, Wilder, 1971 та ін.], а також теоретичним розробкам, які були започатковані ще у першій половині минулого сторіччя у зв'язку із потребами нафтовидобування. Одна з перших робіт, в якій розглядався рух NAPL як феномен потоку двох рідин, що не змішуються, в неглибокому водоносному горизонті, є стаття [Van Dam, 1967]. Подальший розвиток теорії

руху багатофазної рідини здійснювався як розробка моделей для наближеного розв'язання конкретних задач.

На теоретичних і експериментальних розробках, звісно, базуються дослідження суто практичного спрямування, метою яких є пошуки (локалізація) осередків забруднення, проектування моніторингової мережі, вибір характеристик, які необхідно вимірювати, і визначення способів їх вимірювання, оцінка вмісту НП-забруднювача з урахуванням процесів штучної і природної трансформації тощо. У більшості зарубіжних публікацій 80-90-х років, присвячених практичним питанням облаштування спостережної мережі і здійснення моніторингу забруднених ділянок ГС, не приділялося достатньої уваги особливостям конкретних забруднювачів. Проте можна навести приклади, так би мовити, диференційованого ставлення до проблеми моніторингу, тобто в залежності від природи забруднювача – чи то є незмішувана з водою чи розчинна речовина [Aller et al., 1989; Mercer, Cohen, 1990; Огняник и др., 2013].

Особливості вирішення проблеми нафтопродуктового забруднення ГС в Україні

В методичних рекомендаціях по гідрогеологічних дослідженнях забруднених територій, які використовувалися в колишньому СРСР, можна було знайти згадку про нафтове забруднення, але, як правило, тільки у зв'язку із міграцією розчинених у воді ВВ. Цікаво, що та ж тенденція зберігалася в Україні, принаймні, до середини 90-х років. Доказом тому може бути «Временное методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических исследований на территории Украины», затверджене НТР Держкомгеології України в 1994 р. [Временное..., 1994]. У цьому інструктивному документі нафтохімічне забруднення ГС визначається як «недостатньо вивчений техногенний процес» і, начебто в підтвердження цього, у Додатку 1, що вміщує характеристику основних забруднюючих речовин, наведено збіднений, а місцями досить спірний опис процесу розповсюдження в ГС нафтопродуктового забруднювача. Зокрема, центральне місце в схемі осередку забруднення

* Маємо на увазі моніторинг, спеціально налаштований на дослідження забруднених нафтопродуктами ділянок ГС.

водоносного горизонту займає пляма нафтової плівки, оточена поясами «емульсії води в нафті», а далі за потоком – «нафти у воді». Третя зовнішня частина осередку являє собою зону розповсюдження розчинених у воді ВВ [Гольдберг, 1987]. Оскільки швидкість руху забруднювача за схемою конвективного перенесення визначається швидкістю руху води, видається досить обгрунтованою рекомендація [Гольдберг, Газда, 1984] першочергово звертати увагу на рух емульсованих і розчинених у воді ВВ, розповсюдження яких, за їхньою думкою, настільки ж небезпечніше пересування однофазної рідини*, наскільки площа її поширення менше площі розповсюдження розчинених у воді ВВ.

Ця думка, можливо, і знайшла своє відображення як у роботі [Временное..., 1994], так і в інших подібних методичних керівництвах з проектування спостережної мережі, відбору проб, проведення прогностичних розрахунків і навіть виконання ліквідаційних робіт. Слід відмітити, що при такому погляді на проблему фактично виключається та частина легких НП (ЛНП), які мають густину, що менша за густину води, формує у верхній частині насиченої зони ГС локальне утворення, відоме під назвою «лінза», яка здатна рухатись під впливом власного градієнта напорів у горизонтальному напрямку. Дійсно, ЛНП як рідина за швидкістю течії суттєво поступається воді, яка переносить забруднювач, але небезпека його розповсюдження в такому вигляді зумовлена такими чинниками:

- більшу частину відстані від джерела забруднення до об'єкта, що потребує захисту, ЛНП-рідина може подолати в прихованій формі, тому швидкість міграції не має значення, а коли забруднення проявить себе в місцях височування на денну поверхню або на початку дренажування ЛНП-рідини в річку чи колодязь, період прихованого поширення лінзи закінчується і одразу виникає надзвичайна ситуація;

- в процесі тривалого переміщення лінзи у напрямку фільтраційного потоку в результаті вертикального коливання поверхні ґрунтових вод відбувається періодичне заповнення ЛНП-рідиною вільного від води порового простору вище і нижче середнього рівня ґрунтових вод, при цьому частина рідкого ЛНП втрачає мобільність і перетворюється в забруднювач, який

досить важко вилучити фізичними методами; у такий спосіб формуються вторинні джерела забруднення ґрунтових вод тривалої дії.

Крім цього, привертає увагу до нафтопродуктової лінзи те, що саме в ній зосереджена основна маса мобільного ЛНП, який вилучають із забрудненого ГС з можливістю його повторного практичного використання. Цей факт є визначальним для розуміння особливостей моніторингу і ремедіації забруднених нафтопродуктами ділянок в Україні.

Прикладом одного з перших масштабних проявів нафтопродуктового забруднення ГС в Україні є забруднення Херсонського водозабору. До 1982 р. наявність локальних осередків забруднення ґрунтових вод і верхньої частини ґрунтової товщі відмічалася лише в межах майданчику Херсонського нафтопереробного заводу (ХНПЗ). За 10 років розчинені ВВ потрапили у водоносні горизонти і спрямувалися до центра депресійної воронки, що утворилася під дією водозабірних свердловин. У 1994–1996 рр. німецькою фірмою GESCO проведені ремедіаційні заходи із очищення забруднених ґрунтів і підземних вод у межах майданчику заводу. У 2000–2002 рр. ліквідаційні роботи продовжувала Південно-Українська ГГП. В результаті проведення заходів із зменшення втрат НП і вилучення рідких НП з водоносних горизонтів якість підземних вод на території м. Херсон дещо покращилася [Гідрогеологічний..., 2004]. Проте це покращання могло бути наслідком різкого зменшення в останні роки обсягу НП, що зберігаються на території колишнього ХНПЗ. Відсутність постійного моніторингу унеможливило вірогідну оцінку розвитку ситуації в зоні дії водозабору. Про забруднення Херсонського водозабору ми згадали через те, що в Інституті геологічних наук (ІГН) НАН України в 1994–1997 рр. вперше була створена математична модель дії водозабору за даними картування осередку забруднення, яке виконане Укрводпроектм у 1992 р. Результатами моделювання доведено, що виключну роль у проникненні НП-забруднення до сарматського водоносного горизонту, що експлуатується, відіграє балка Веревчина, що огинає із заходу майданчик ХНПЗ [Брикс, Огняник, 1997]. Ця модель повинна була стати складовою частиною моніторингової системи, але... не сталося.

* Мається на увазі шар ЛНП-рідини (лінзи), що рухається у напрямку фільтраційного потоку.

Наступний приклад також можна вважати зразком невдалого здійснення моніторингу. На північно-західній околиці м. Луцьк розташований військовий аеродром, що межує із земельними ділянками міського населення. Можна вважати, що 10-15 років формування ареалу забруднення через відсутність моніторингу мало прихований характер. Забруднення проявилось у 1983 р. запахом газу, а невдовзі у деяких колодязях утворився шар газу, який підприємливе населення почало використовувати для особистих потреб. Очікувалося, що лінза мобільного газу у майбутньому має досягти р. Стир, яка є природною дреною ґрунтового потоку. З 1995 р. у рамках угоди між Мінекобезпеки України та Агенцією навколишнього середовища Данії в районі Луцького аеродрому проводилися дослідження під керівництвом датської компанії «Kruiger International Consult», які перервалися у березні 1997 р. через припинення фінансування. На початку 1999 р. у зв'язку із суттєвим зменшенням кількості і, навіть, повним зникненням вільного НП у побутових колодязях виникло загрозове припущення щодо прискорення руху лінзи у напрямку р. Стир. З ініціативи Міноборони України були відновлені дослідження, для проведення яких були запрошені фахівці ІГН НАН України. Дійсна причина «зникнення» вільного НП в колодязях була встановлена – через підйом рівнів ґрунтових вод значна частина НП-рідини опинилася заблокованою водою в порах ґрунту і тимчасово втратила здатність рухатися [Брикс та ін., 2006]. А відтак відчуття загрози зникло, а разом з цим у Замовника зникло бажання продовжувати моніторингові дослідження. Щодо подальшої долі осередку забруднення в СМІ робилися припущення в досить широкому діапазоні: від існування реальної загрози забруднення р. Стир до цілковитої безпечності осередку забруднення та його «самоліквідації» до 20-го року XXI ст. Ця невизначеність прогнозних оцінок обумовлена відсутністю компетентних моніторингових досліджень. Справді, про яку вірогідність висновків може йтися,

якщо із 40 свердловин моніторингової мережі*, які використовувалися за призначенням лише один-два роки, 30 вийшли з ладу та були ліквідовані. А шість з десяти свердловин, що залишилися, не є інформаційними і, скоріш за все, потребують ремонту або заміни [Керосинове..., 2009].

Саме в цей час, у середині 90-х років, ІГН НАН України разом з установами НАН України, Мінекобезпеки, Держкомгеології та Держводгоспу України виконували дослідження за міжвідомчою Програмою НДР «Здійснення контролю, оцінки і прогнозування ситуації з розвитку нафтохімічних забруднень підземних вод України». Кінцевою метою досліджень за програмою була розробка інформаційно-моделюючого комплексу, призначеного для оцінки існуючого і прогнозного стану забруднених нафтопродуктами ділянок ГС, і обґрунтування рішень з проведення ремедіаційних заходів. В черговий раз роботи були передчасно зупинені через відсутність фінансування.

Складається враження, що брак коштів є фатальною перешкодою для проведення повноцінної (науково обґрунтованої) ремедіації забруднених нафтопродуктами ділянок ГС. Мабуть, цим можна пояснити Розпорядження КМ України від 10.08.1994 р. за № 595-р, в якому вирішення наукомісткої і складно-технологічної проблеми доручається суб'єктам підприємницької діяльності за їхні власні кошти. Стимулом для такої діяльності є зазначене у Розпорядженні право власності на нафтопродукт, який підприємець спромігся здобути при очищенні ГС. Зрозуміло, що будь-який підприємець збанкрутує, якщо прибуток від реалізації здобутого НП перестане компенсувати витрати на проведення робіт**. В умовах України найчастіше великі нафтопродуктові лінзи містяться в товщах слабопроникних лесоподібних суглинків. Через занадто повільні припливи НП-рідини до дренажних споруд дуже важко забезпечити режим безперервної і достатньо інтенсивної (для рентабельності) «експлуатації» продуктивного горизонту. Без спеціального мо-

* Мережа свердловин для спостереження за рівнями води і ЛНП створена ПНВП «Валдай» у 2001 р. у співробітництві з ЗАТ «Волиньпроект» і ІГН НАН України. Передбачена тривалість моніторингу – вісім років.

** Лише помпуння найбільш рухливої частини шару мобільного ЛНП може давати прибуток. Застосування інших методів очищення забрудненого ГС з точки зору підприємця є завідома збитковим і потребує додаткового фінансування.

ніторингу неможливо адекватно оцінити ситуацію, що складається на ділянці проведення відкачування НП. Тимчасова відсутність НП-рідини у приймальній частині дренажної свердловини чи колодязя може помилково сприйматися як ознака «виснаження» лінзи ЛНП і слугувати приводом для припинення робіт. До помилкових висновків призводить неврахування впливу на товщину шару ЛНП сезонного і багаторічного коливання рівня ґрунтових вод [Брикс, Негода, 2008; Брикс та ін., 2006; Огняник та ін., 2013]. Як правило, виконавці робіт з ліквідації НП-забруднення за будь-якої можливості намагаються уникнути додаткових витрат на проведення моніторингових досліджень. Якщо ж видобуванням «нічийного палива» з власних копанок чи покинутих свердловин займаються місцеві мешканці або зовсім випадкові люди, про моніторинг годі й казати.

Ще про одну з особливостей вирішення проблеми моніторингу. В Україні розміщення свердловин або інших спеціально облаштованих пунктів спостереження можливо лише на території, що охороняється. Це можуть бути огорожені ділянки нафтобаз, складів паливно-мастильних матеріалів (ПММ), промислові майданчики, аеродроми, території військових частин. Практичний досвід показує, що існує високий ризик виходу з ладу свердловин, які залишаються без нагляду навіть не на дуже тривалий час, через нерегламентовані (вандалні) дії сторонніх осіб.

Роботи з еколого-гідрогеологічного обстеження потенційно небезпечних ділянок військових аеродромів були виконані ІГН НАН України в 2000-2007 рр. у рамках Програми ліквідації стратегічних авіаційних комплексів в Україні. Програмою передбачалося серед іншого пошуки і картування осередків забруднення ґС (ґрунтів і ґрунтових вод), оцінка обсягів НП-забруднювачів, а також математичне моделювання міграції НП-рідини (авіаційного гасу). Були обстежені території авіабаз біля міст Узин, Біла Церква, Полтава, Прилуки, Миколаїв та ін.

На основі результатів багаторічних досліджень, проведених на військових об'єктах, а також інструктивно-методичних матеріалів, діючих у споріднених сферах, розроблено «Методику обстеження еколого-геологічного стану територій військових об'єктів» та «Методичні рекомендації по обстеженню еколого-геологічного стану

територій військових аеродромів», які з 2003 р. є нормативними документами Міноборони України [Методика..., 2012].

На більшості військових об'єктів, на яких проводилися роботи за програмою скорочення САК, екологічні дослідження тривали приблизно один рік. За програмою, розробленою у відділі охорони підземних вод ІГН НАН України та узгодженою з Мінприроди та службою екологічної безпеки Генерального штабу ЗС України, в районі складу ПММ аеродрому біля м. Миколаїв упродовж 2002-2006 рр. проведений комплекс моніторингових досліджень, які передували і супроводжували довготривале дослідно-експлуатаційне відкачування газової лінзи [Гаврилюк, 2013]. Вперше в Україні таку масштабну роботу виконували не лише заради реабілітаційного ефекту, а ще й в наукових цілях. На жаль, і цього разу дослідження були передчасно перервані.

Висновки

У відділі охорони підземних вод ІГН НАН України на основі узагальнення відомих (опублікованих) теоретичних розробок, а також власного досвіду досліджень сформульовані загальна концепція моніторингу забрудненого ЛНП ґС, методи і способи розв'язання задач моніторингу на різних стадіях досліджень (при проведенні оціночного, спеціального і контролюючого моніторингу), запропонований принцип оцінки небезпеки (загрози) нафтопродуктового забруднення природних і господарчих об'єктів та створення навколо об'єктів-джерел потенційного забруднення геологічного середовища попереджувальної зони і розташування в ній спостережних пунктів. Математично обґрунтовані і підтверджені лабораторними експериментами методи розрахунку дійсних рівнів і товщини шару мобільних ЛНП на водопорі, на поверхні капілярної зони та рівневій поверхні ґрунтових вод, а також оцінки вмісту ЛНП як у насиченій, так і у ненасиченій зонах ґрунтової товщі. Матеріали багаторічних досліджень представлені в монографіях [Огняник та ін., 2006, 2013].

В найближчій перспективі передбачаються моніторингові дослідження в рамках реалізації проекту «Проведення природовідновлювальних робіт з локалізації та ліквідації нафтохімічного забруднення на території військової частини в м. Києві» за програмою співробітництва Україна – НАТО в сфері науки та охорони довкілля.

З метою наукового забезпечення захисту населення від надзвичайних ситуацій, пов'язаних із нафтохімічним забрудненням ГС, пропонується:

- створити єдиний науково-обґрунтований реєстр і систему паспортизації об'єктів-забруднювачів ГС нафтою та НП на території України, а також розглянути питання щодо створення інформаційно-експертної системи як провідного інструменту підтримки прийняття управлінських рішень щодо мінімізації екологічних і соціально-економічних ризиків у разі забруднення ГС нафтопродуктами;

- удосконалити методики еколого-геологічного обстеження територій, що зазнали нафтохімічного забруднення, та розробити методики фізичного та математичного моделювання міграції різних форм нафтохімічного забруднення у складних гідрогеологічних умовах;

- науково обґрунтувати та впровадити моніторинг потенційно небезпечних осередків нафтохімічного забруднення ГС з метою прогнозування їх розвитку і визначення необхідності ремедіаційних заходів з урахуванням ефекту природної реабілітації;

- провести післяліквідаційне обстеження забруднених ділянок з метою визначення ефективності проведених очисних робіт і оцінки загрози, яку становлять осередки залишкового забруднення;

- забезпечити профільні лабораторії (академічні, відомчі) аналітичним обладнанням (мас-спектрометри, портативні хроматографи), необхідним для визначення трансформації вмісту нафтових ВВ, що входять до складу забруднювачів ГС.

Автори статті висловлюють подяку Н.К. Парамоновій за використані матеріали і надані консультації.

Список літератури / References

1. **Брикс А.Л.** Формирование зоны нефтехимического загрязнения вблизи дендропарка «Александрия» (г. Белая Церковь) / А.Л. Брикс, Ю.А. Негода // Геол. журн. – 2008. – № 4 (325). – С. 106-112.

Bricks A.L., Negoda Yu.A., 2008. Oil contamination zone forming near the territory of dendrological park «Aleksandria» (Belaya Tserkov town). *Geologichnyy zhurnal*, № 4 (325), p. 106-112 (in Russian).

2. **Брикс А.Л.** Методика моделирования действия водозабора с учетом процесса загрязнения подземных вод нефтепродуктами / А.Л. Брикс, Н.С. Огняник // Геол. журн. – 1997. – № 3-4 (284). – С. 68-73.

Bricks A.L., Ognianik N.S., 1997. Methods of water intake action modeling with due regard for hydrocarbon ground water contamination. *Geologichnyy zhurnal*, № 3-4 (284), p. 68-73 (in Russian).

3. **Брикс А.Л.** Особливості розповсюдження авіаційного гасу в геологічному середовищі в районі селища «Вишків» (м. Луцьк) / А.Л. Брикс, М.С. Огняник, Н.К. Парамонова, Є.І. Некрасов // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – № 2. – С. 35-40.

Bricks A.L., Ognianik M.S., Paramonova N.K., Nekrasov Ye.I., 2006. Features of aviation kerosene expansion in the subsurface near the village of «Wyszkiw» (Lutsk town). *Ekologiya dovkillia ta bezpeka zhyttyediyalnosti*, № 2, p. 35-40 (in Ukrainian).

4. **Временное** методическое руководство по проведению комплексных эколого-геологических иссле-

дований (на территории Украины). – Киев: ГПП «Геопрогноз», 1994. – 331 с.

Provisional guidelines for the conduct of complex ecological and geological research (in Ukraine), 1994. Kiev: «Geoprognoz», 331 p. (in Russian).

5. **Гаврилюк Р.Б.** Гідрогеологічні умови формування лінз авіаційного гасу на військових аеродромах України (на прикладі аеродрому у м. Миколаєві): автореф. дис. ... канд. геол. наук. – К., 2013. – 22 с.

Gavriluk R.B., 2013. Hydrogeological conditions of accumulation of aviation kerosene lenses within military airfields in Ukraine (Nikolaev airfield as a case study). PhD geol. sci., dis. Kyiv, 22 p. (in Ukrainian).

6. **Гідрогеологічний** щорічник про стан підземних вод України за 2003 р. – К.: ДНВП «Геоінформ України», 2004. – 87 с.

Hydrological Yearbook of the groundwater condition of Ukraine in 2003. Kyiv: DNVP «Geoinform of Ukraine», 2004, 87 p. (in Ukrainian).

7. **Гольдберг В.М.** Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды / В.М. Гольдберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 248 с.

Gol'dberg V.M., 1987. The relationship of groundwater contamination and the environment. Leningrad: Hydrometeoizdat, 248 p. (in Russian).

8. **Гольдберг В.М.** Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М. Гольдберг, С. Газда. – М.: Недра, 1984. – 262 с.

Gol'dberg V.M., Gazda S., 1984. Hydrogeological basics of protection of the groundwater from contamination. Moscow: Nedra, 262 p. (in Russian).

9. **Материалы** семинара по защите подземных и поверхностных вод от загрязнения сырой нефтью и нефтепродуктами, организованного Комитетом по водным ресурсам Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, состоявшегося в Женеве с 1 по 5 декабря 1969 года. – Нью-Йорк: [б.и.], 1970. – Т. 1. – 169 с.

Proceedings of the seminar on the protection of ground and surface waters against pollution by crude oil and oil products, organized by the Committee on water resources of the European Economic Commission of the United Nations, held in Geneva from 1 to 5 December 1969, New York, 1970, vol. 1, 169 p. (in Russian).

10. **Методика** обстеження еколого-геологічного стану територій військових об'єктів. Методичні рекомендації по обстеженню еколого-геологічного стану територій військових аеродромів. – К., 2012. – 209 с.

Methods of examination of ecological and geological condition of area military bases. Methodical recommendations as to survey of ecological and geological condition of the military airfields area, 2012. Kyiv, 209 p. (in Ukrainian).

11. **Огняник Н.С.** Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н.С. Огняник, Н.К. Парамонова, А.Л. Брикс и др. – Киев: [А.П.Н.], 2006. – 278 с.

Ognianuk N.S., Paramonova N.K., Bricks A.L., Pashkovskiy I.S., Konnov D.V., 2006. The fundamentals of studying of subsurface contamination with light petroleum products. Kiev, [A.P.N.], 278 p. (in Russian).

12. **Огняник Н.С.** Эколого-гидрогеологический мониторинг территорий загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н.С. Огняник, Н.К. Парамонова, А.Л. Брикс, Р.Б. Гаврилюк. – Киев: LAT & K., 2013. – 254 с.

Ognianik N.S., Paramonova N.K., Bricks A.L., Gavrilyuk R.B., 2013. Ecological and hydrological monitoring of subsurface contamination areas with light petroleum products. Kiev: LAT&K, 254 p. (in Russian).

13. **Попов В.Н.** Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод: (Инструктивные указания). – М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 298 с.

Popov V.N., 1955. The organization and implementation of the observation of groundwater regime (Guidance). Moscow: Gosgeoltekhizdat, 298 p. (in Russian).

14. **Aller L.** Handbook of Suggested Practices for the Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells / L. Aller, T.W. Bennett, G. Hackett, R.J. Petty, J.H. Lehr, H. Sedoris, D.M. Nielsen and J.E. Denne // EPA 600/4-89/034. – 1989. – 398 p.

Aller L., Bennett T.W., Hackett G., Petty R.J., Lehr J.H., Sedoris H., Nielsen D.M. and Denne J.E., 1989. Handbook of Suggested Practices for the Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells, EPA 600/4-89/034, 398 p. (in English).

15. **Holzer T.L.** Application of groundwater flow theory to a subsurface oil spill / T.L. Holzer // J. Ground Water. – 1976. – Vol. 14 (3). – P. 138-145.

Holzer T.L., 1976. Application of groundwater flow theory to a subsurface oil spill. *J. Ground Water*, vol. 14 (3), p. 138-145 (in English).

16. **King R.D.** The Influence of underground openings on gasoline spill migration and recovery in downtown Edmonton / R.D. King // Oil in Freshwater: chemistry, biology, countermeasure technology: Proceedings of the Symposium of Oil Pollution in Freshwater. – Edmonton, Alberta, Canada, 1984. – P. 485-491.

King R.D., 1984. The Influence of underground openings on gasoline spill migration and recovery in downtown Edmonton. In: *Oil in Freshwater: chemistry, biology, countermeasure technology: Proceedings of the Symposium of Oil Pollution in Freshwater*, Edmonton, Alberta, Canada, p. 485-491 (in English).

17. **Matis J.R.** Petroleum contamination of groundwater in Maryland / J.R. Matis // Ground Water. – 1971. – Vol. 9 (6). – P. 57-61.

Matis J.R., 1971. Petroleum contamination of groundwater in Maryland. *Ground Water*, vol. 9 (6), p. 57-61 (in English).

18. **Mercer J.W.** A review of immiscible fluids in the subsurface: Properties, models, characterization and remediation / J.W. Mercer, R.M. Cohen // J. Contam. Hydrol. – 1990. – Vol. 6 (2). – P. 107-163.

Mercer J.W., Cohen R.M., 1990. A review of immiscible fluids in the subsurface: Properties, models, characterization and remediation. *J. Contam. Hydrol.*, vol. 6 (2), p. 107-163 (in English).

19. **Pinder G.F.** On the simulation of nonaqueous phase organic compounds in the subsurface / G.F. Pinder and L.M. Abriola // J. Water Resour. Res. – Vol. 22 (9). – P. 109-119.

Pinder, G.F. and Abriola, L.M., 1986. On the simulation of nonaqueous phase organic compounds in the subsurface. *J. Water Resour. Res.*, vol. 22 (9), p. 109-119 (in English).

20. **Schwille F.** Groundwater pollution by mineral oil products / F. Schwille // Groundwater Pollution Symposium: Proceedings of the Moscow Symposium, August 1971, IAHS-AISH Publ. – 1975. – № 103. – P. 226–240.

Schwille F., 1975. Groundwater pollution by mineral oil products. In: *Groundwater Pollution Symposium: Proceedings of the Moscow Symposium, August 1971*, IAHS-AISH Publ., № 103, p. 226–240 (in English).

21. Williams D.E. Gasoline pollution of a ground-water reservoir – A case history / D.E. Williams, D.G. Wilder // *J. Ground Water*. – 1971. – Vol. 9 (6). – P. 50-56.

Williams D.E., Wilder D.G., 1971. Gasoline pollution of a ground-water reservoir – A case history. *J. Ground Water*, vol. 9 (6), p. 50-56 (in English).

22. Van Dam J. The migration of hydrocarbons in a water-bearing stratum / J. Van Dam // *The Joint Problems of the Oil and Water Industries* (Ed. P. Hepple). – London: Inst. Petrol., 1967. – P. 55–96.

Van Dam J., 1967. The migration of hydrocarbons in a water-bearing stratum. In: *The Joint Problems of the*

Oil and Water Industries (Ed. P. Hepple). – London: Inst. Petrol., p. 55–96 (in English).

23. Керосинове озеро на Вишкові «глибшає»? Інформаційне агентство «Волинські новини», 2009. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.volynnews.com/news/extreme/kerosynove_ozero_na_vyshkovi_hlybshaye/ – Назва з екрана.

Kerosene Lake on the outskirts «Vyshkov» becomes deeper? Information Agency «Volyn news». 2009. [Electronic resource]. Access mode: http://www.volynnews.com/news/extreme/kerosynove_ozero_na_vyshkovi_hlybshaye/ – Screen name (in Ukrainian).

Стаття надійшла
20.04.2016