

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАФТОПРОДУКТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД УКРАЇНИ

**М.С. Огняник<sup>1</sup>, А.Л. Брикс<sup>2</sup>, Р.Б. Гаврилюк<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: gwp\_ign@gwp.org.ua  
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач відділу.*

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

<sup>3</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: gavrilyuk.ruslan@gmail.com  
Кандидат геологічних наук, учений секретар Інституту геологічних наук НАН України.*

Представлено огляд досліджень з проблем охорони підземних вод від забруднення. Необхідність у посиленому вивченні змін якості питних підземних вод у 50-ті роки минулого століття 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 гідро-сфери. У 80-90-ті роки в Україні почастішали випадки виявлення прихованих в ґрунтовій товщі осередків втрачених нафтопродуктів. У дослідженнях багатьох таких осередків відділ охорони підземних вод Інституту геологічних наук НАН України брав безпосередню участь. Протягом 2013–2017 рр. у рамках Програми НАТО «Наука заради миру та безпеки» в Україні був реалізований проект облаштування на території військової частини сучасної системи вилучення з надр нафтопродуктової рідини. Це перший реалізований в Україні міжнародний проект, що направлений на приведення у безпечний стан забрудненого нафтопродуктами геологічного середовища на території військового об'єкта.

*Ключові слова:* забруднення; геологічне середовище; підземні води; нафтопродукти; охорона підземних вод.

## RESEARCH OF GROUNDWATER CONTAMINATED BY PETROLEUM PRODUCTS OF UKRAINE

**N.S. Ognianik<sup>1</sup>, A.L. Bricks<sup>2</sup>, R.B. Havryliuk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *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.*

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

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

The review of research on problems of protection of groundwater from pollution is presented. The need for an intensive study of the drinking groundwater quality changes in the 1950s was associated with the water consumption rise and an increase in the discharge coming from the untreated wastewaters. It was not until 10 or 15 years afterwards that the world drew its attention to the lost oil products as specific pollutants of the underground hydrosphere. In the 80's and 90's the occurrences of finding the hidden oil products in the soil layer have become more frequent. The Department of Groundwater Protection of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine took a direct part in the investigation of many such sites. From 2013 until 2017, the framework of NATO's Program on "Science for Peace and Security" implemented a project to equip the military unit with a modern remediation system for oil pollution extraction from the subsoil. This is the first international project implemented in Ukraine, which aims at bringing the territory of military site contaminated by oil products at a safe state.

*Key words:* pollution; geological environment; underground waters; petroleum products; groundwater protection.

# ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД УКРАИНЫ

Н.С. Огняник<sup>1</sup>, А.Л. Брикс<sup>2</sup>, Р.Б. Гаврилюк<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: gwp\_ign@gwp.org.ua  
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом.*

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

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

Представлен обзор исследований по проблемам охраны подземных вод от загрязнения. 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 свыше 10-15 лет пока в мире обратили внимание на утраченные нефтепродукты как на специфический загрязнитель подземной гидросферы. В 80-90-е годы в Украине участились случаи проявления скрытых в грунтовой толще скоплений утраченных нефтепродуктов. В изучении многих таких скоплений отдел охраны подземных вод Института геологических наук НАН Украины принимал непосредственное участие.

В течение 2013–2017 гг. в рамках Программы НАТО «Наука ради мира и безопасности» в Украине был реализован проект обустройства на территории воинской части современной системы извлечения из недр нефтепродуктовой жидкости. Это первый реализуемый в Украине международный проект, направленный на приведение в безопасное состояние загрязненной нефтепродуктами геологической среды на территории военного объекта.

*Ключевые слова:* загрязнения; геологическая среда; подземные воды; нефтепродукты; охрана подземных вод.

## Вступ

Уявлення про охорону поверхневих і підземних вод починає активно формуватися у 30-ті роки минулого століття, коли у зв'язку з посиленням водовідбору для потреб промисловості, а також дією великих водосховищ і початком іригаційного землеробства відбуваються суттєві зміни гідрогеологічних умов. До цього часу слід віднести перші згадування про негативний вплив на якість природних вод промислових скидів. Тим не менш у першій половині ХХ ст. ситуація в сфері забезпечення водою у колишньому СРСР, так само як і у більшості розвинутих країн світу, в цілому здавалась далекою від кризової.

Бурхливе зростання промислового і сільськогосподарського виробництва в післявоєнний період викликав таке саме зростання водоспоживання і, як наслідок, збільшення скидів відпрацьованих, як правило, неочищених вод. З'ясувалося, що з давніх-давен відома здатність навколишнього природного середовища і, зокрема, гидросфери до самоочищення дуже перебільшена. Виникла нагальна потреба в цілеспрямованому вивченні режиму підземних вод. Тобто, у міру посилення техногенезу гідрогеологічні дослідження набували дедалі більшого теоретичного і практичного значення. У 60–70-ті

роки минулого століття, коли наявність теоретичного фундаменту збігається з появою в Радянському Союзі досить потужної обчислювальної техніки і зростанням попиту з боку різних галузей народного господарства країни, спостерігається розквіт гідрогеологічного моделювання.

## Попередні гідрогеологічні дослідження

У середині 70-х років чл.-кор. АН УРСР А.Є. Бабинець запросив до Інституту геологічних наук (ІГН) АН УРСР у відділ, яким керував, численну групу досвідчених науковців і молодих перспективних фахівців з Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. Разом із «старими» кадрами ці «новачки» утворили потужну групу гідрогеологів–моделювальників. У результаті їх колективної роботи у 1980 р. у світ вийшла монографія «Введение в моделирование гидрогеологических процессов» [Введение..., 1980], яка посіла гідне місце поряд з іншими широко відомими роботами І.К. Гавіч, І.Є. Жернова, В.М. Шестакова та інших радянських вчених, що висвітлювали теоретичні та методичні засади моделювання гідрогеологічних процесів.

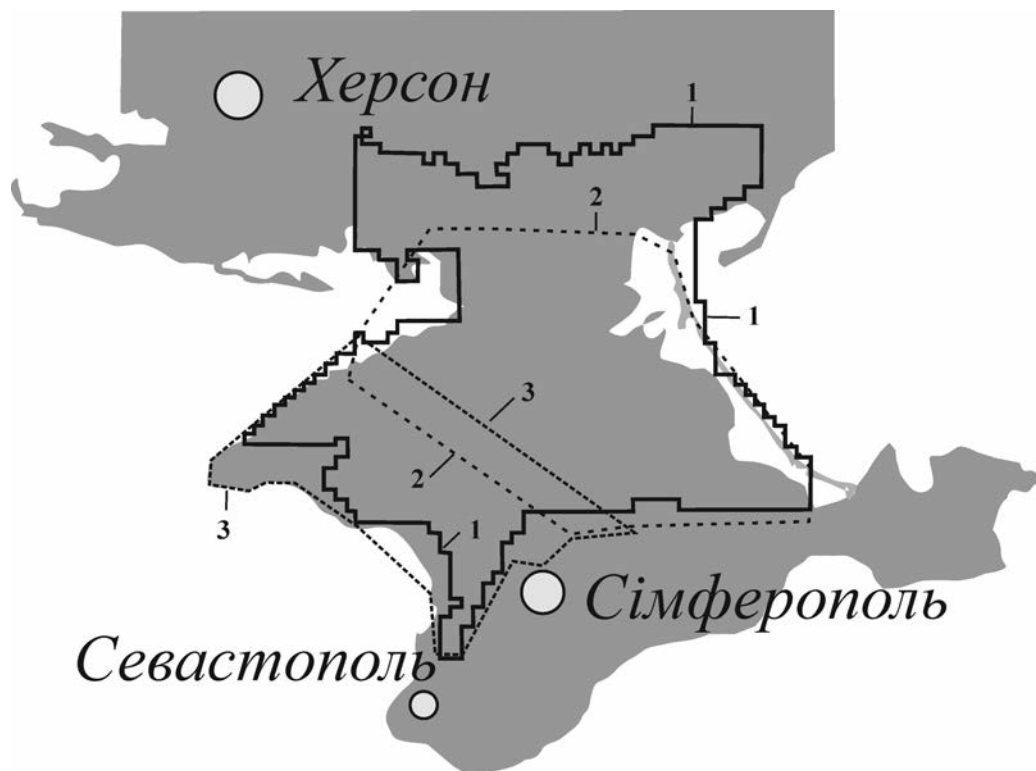
Із середини 70-х років під керівництвом А.Є. Бабинця виконано декілька масштабних

дослідницьких робіт з використанням математичного моделювання. Серед них насамперед слід згадати «Створення постійно діючої моделі багатоцільового призначення Рівнинного Криму та пониззя Дніпра» [Бабинець, Огняник, 1981; Огняник, 1983] і «Аналогове моделювання дії Рубежансько-Лісичанського вузла водозаборів в долині Сіверського Донця» [Брикс та ін., 1983].

Ці моделі створювалися з конкретною метою – підготувати матеріали для передбаченої відповідними планами переоцінки експлуатаційних запасів підземних вод. Ідея використати ці моделі багаторазово (для планування додаткових дослідно-фільтраційних робіт, для використання даних довготривалих режимних спостережень, для урахування впливу на підземні води змінних природних та штучних факторів і, нарешті, для наступної переоцінки запасів підземних вод) виникла згодом і цілком виправдано. Адже після того, як поставлене завдання виконане, дослідження, начебто, завершені і треба ставити крапку, стає зрозумілим, що проблема питної води, якщо вирішена, то лише тимчасово, питання, з'ясу-

вання яких було відкладено, у майбутньому можуть стати невідкладними, тобто такими, що потребують відновлення досліджень на, здавалось би, вже відпрацьованих моделях.

Дослідження гідрогеологічних умов Рівнинного Криму, на відміну від згаданого вище, з самого початку проводилися під титулом створення постійно діючої моделі (ПДМ) багатоцільового призначення [Огняник, 1983]. На першому етапі була створена регіональна модель, ортогональна сітка якої покривала лівобережну частину долини Нижнього Дніпра і майже всю територію Криму (рис. 1). Уся модель з урахуванням багатоповерхової будови області фільтрації вміщувала понад 4 тис. розрахункових блоків. Просторове розбиття з кроком сітки виявилось достатнім для функціонального відтворення на моделі діючих і перспективних водозаборів, гілок Північно-Кримського та Каховського каналів, ділянок штучного зрошення і дренажування, інфільтраційних басейнів та нагнітальних свердловин систем штучного поповнення підземних вод, а також основних річок і водойм території дослідження.



**Рис. 1.** Схема відтворення на моделях території Рівнинного Криму і нижньої частини долини Дніпра  
1 – аналогова модель Рівнинного Криму і нижньої частини долини Дніпра (ІГН АН УРСР і Кримська геологорозвідувальна експедиція); 2, 3 – чисельні моделі відповідно північно-східної та південно-західної частин Рівнинного Криму (ВСЕГІНГЕО і КГРЕ)

**Fig. 1.** The scheme of the modelling territory of the Plain Crimea and the lower part of the Dnipro valley  
1 – analogous model of the Plain Crimea and the lower part of Dnipro valley (Institute of Geological Sciences of Academy of Sciences of Ukrainian SSR and Crimean Geological Survey Expedition); 2, 3 – digital models of the north-eastern and south-western parts of the Plain Crimea, respectively (VSEGIN GEO and Crimean Geological Survey Expedition)

Для розв'язання прямих та обернених задач, виконання обчислювальних експериментів був використаний електроінтегратор БУСЕ-70. Серед аналогової обчислювальної техніки того часу БУСЕ-70 вважався надійним і зручним у використанні пристроєм. Тогочасні міркування щодо переваг аналогових обчислювальних машин (АОМ) над цифровими (ЦОМ) тепер видаються, м'яко кажучи, непередбачливими. Але на рівні науково-технічного розвитку СРСР 80-х років, коли ЦОМ, крім очевидних переваг, мали низку недоліків, вибір АОМ для реалізації надскладної розрахункової схеми, яку дійсно мала регіональна модель Рівнинного Криму, вважався цілком виправданим.

Постійно діюча модель Рівнинного Криму проіснувала майже 10 років. Монтаж і налагодження електротехнічної основи моделі не були тривіальним заходом через дуже велику кількість складових елементів: 54 панелі-сітки, на яких змонтовані змінні резистори, що відтворюють дискретне просторове і часове середовище, джерела живлення, дільник високої напруги, пульт вимірювання – все це було об'єднане засобами комутації в єдиний комплекс, розміщений в кімнаті площею близько 30 м<sup>2</sup>. Зрозуміло, що предметом гордості був не цей «витвір» науково-технічної думки, а результати досліджень, проведених на моделі. Моделюванням були визначені темпи вертикального і латерального водообміну в природних і порушених умовах, що з урахуванням даних по інфільтраційному живленню дало можливість оцінити формування техногенного режиму підземних вод. Виявлені причини виснаження, засолення і забруднення підземних вод у регіональному плані і в районі великих водозаборів. На основі результатів моделювання розроблялися рекомендації щодо раціонального використання підземних вод і охорони геологічного середовища від забруднення, оптимізації зрошувальних норм з метою зменшення втрат на інфільтрацію, обґрунтування дренажу для боротьби з підтопленням території і т.п.

Після того як у 1982 р. пішов з життя чл.-кор. АН УРСР А.Є. Бабинець, проект практичного використання аналогової ПДМ Рівнинного Криму втратив впливового захисника, і відтоді дослідження проводилися здебільшого за власними науковими планами. Результати досліджень використані у двох дисертаціях, висвітлені у багатьох статтях, препринтах і трьох монографіях [Огняник, 1983; Шестопапов та ін., 1989, 1991].

Група науковців, які в основному займалися моделюванням гідрогеологічних процесів у межах Рівнинного Криму, а також долини р. Сіверський Донець, об'єднана д-ром геол.-мінерал. наук М.С. Огняником, склали основу створеного у березні 1992 р. відділу охорони підземних вод.

Основним науковим спрямуванням роботи відділу була розробка методологічних основ вирішення проблеми охорони і раціонального використання підземних вод, що включає:

- виявлення закономірностей формування підземних вод у залежності від геолого-гідрогеологічних умов та дії техногенних факторів;
- інформаційне забезпечення системи гідрогеологічних досліджень на основі організації спеціалізованих баз даних;
- дослідження процесів міграції забруднюючих речовин та визначення міграційних параметрів у породах зони аерації, водоносних горизонтах і роздільних слабкопроникних шарах у зоні дії промислових, сільськогосподарських та військових об'єктів.

#### **Наукові досягнення за роки незалежності**

Починаючи з середини 90-х років ХХ ст. основним напрямом діяльності відділу охорони підземних вод стає дослідження міграції нафтових вуглеводнів (легких нафтопродуктів) у геологічному середовищі.

У 60-70-х роках проблема нафтового забруднення підземних і поверхневих вод у промислово-розвинутих країнах світу тільки-но почала набувати розголосу. У США дослідження проводяться майже усіма університетами, спеціальними центрами при нафтодобувних компаніях, Агенцією охорони оточуючого середовища (EPA). Питаннями нафтового забруднення гідросфери почали займатися у країнах Західної Європи, Австралії, у деяких країнах Африки та Азії. У Радянському Союзі і, зокрема, в Україні на той час панувала думка, що загроза забруднення довкілля існує лише у зв'язку із нерегламентованими скидами неочищених стічних вод. Отож, і вирішення проблеми вбачалося у найскорішому і повсюдному впровадженні технології оборотного водоспоживання. Лише наприкінці 80-х років почастишали випадки прояву раніше прихованих у ґрунтовій товщі осередків нафтопродуктового забруднення.

З 1996 по 2001 р. ІГН НАН України (провідна організація) разом з установами НАН України, Мінекобезпеки, Держкомгеології та Держводгоспу України виконував дослідження за міжвідом-

чою програмою «Здійснення контролю, оцінки і прогнозування ситуації з розвитку нафтохімічних забруднень підземних вод України». До складу робіт входило фізичне моделювання міграційних процесів, а також дослідження на натурному полігоні поблизу військового аеродрому м. Узин. Кінцевою метою досліджень мала бути розробка інформаційно-моделюючого комплексу, призначеного для оцінки існуючого і прогнозного стану забруднених нафтопродуктами ділянок геологічного середовища та обґрунтування рішень з проведення ремедіаційних заходів. Робота була перервана через відсутність фінансування. Проте зібрана по Україні інформація, ретельне опрацювання теоретичних розробок іноземних вчених та власний досвід польових і лабораторних робіт вивели відділ охорони підземних вод ІГН НАН України на рівень експертної компетентності, принаймні в межах України і серед країн СНД.

Математичне моделювання процесів розповсюдження нафтопродуктового забруднення у підземній гідросфері має особливо велике практичне значення для виконання прогнозних досліджень і обґрунтування водоохоронних заходів. Цей ефективний метод дослідження вперше в Україні був застосований для вивчення закономірностей забруднюючого впливу Херсонського НПЗ на формування експлуатаційних ресурсів діючого водозабору м. Херсон із використанням одного з відомих пакетів програмних засобів, які призначені для реалізації на комп'ютері – GWFS\* [Брикс, Огняник, 1997].

На початку 1999 р. Міністерством оборони України для проведення експертизи результатів досліджень, виконаних в районі Луцького військового аеродрому під керівництвом датської компанії «Krüger International Consult», були запрошені фахівці ІГН НАН України [Брикс та ін. 2006].

Починаючи з 2000 р. відповідно до «Угоди між Україною та США щодо надання допомоги Україні в ліквідації стратегічної ядерної зброї, а також запобігання розповсюдженню зброї масового знищення» від 25.10.1993 р., відділ охорони підземних вод виконував еколого-геологічне обстеження військових аеродромів у містах Біла Церква, Узин, Прилуки, Умань, Полтава, Миколаїв, і майже на кожному об'єкті були виявлені значні по площі розповсюдження і за обсягом осередки нафтопродуктової рідини (найчастіше авіаційного гасу), забруднюючої ґрунти і ґрунтові води.

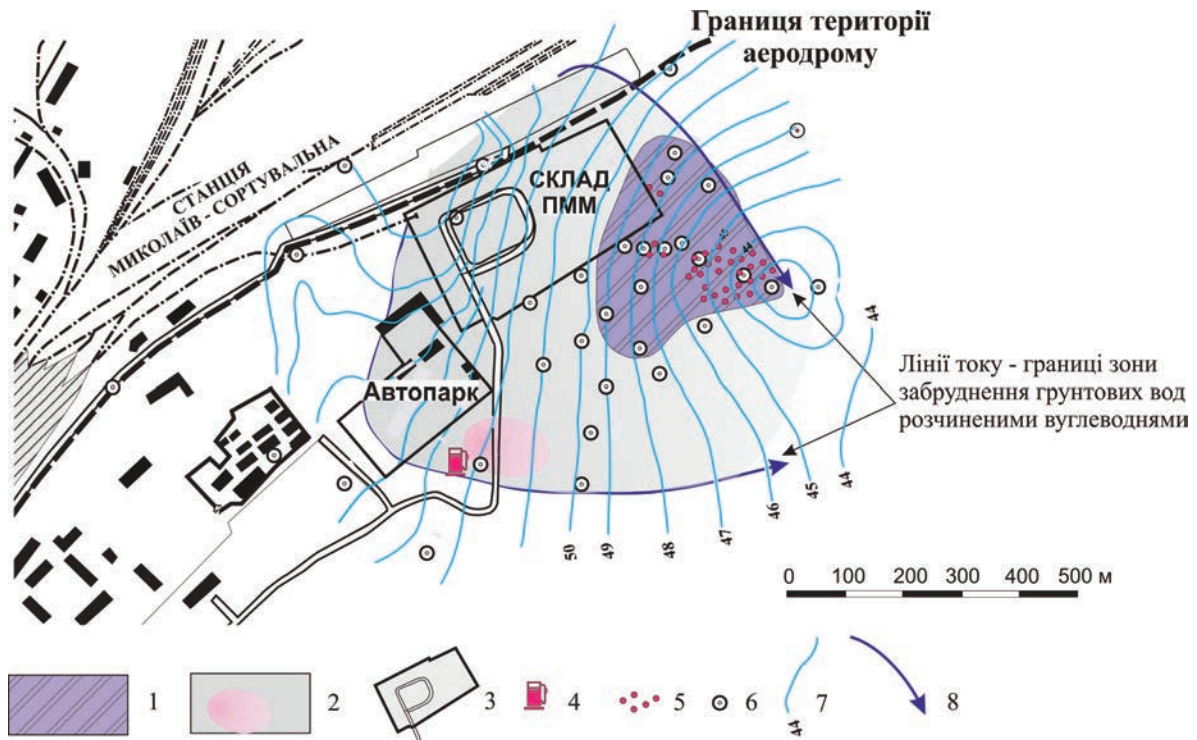
На основі результатів багаторічних досліджень, проведених співробітниками відділу на військових об'єктах, розроблено «Методику обстеження еколого-геологічного стану територій військових об'єктів», узгоджену із Міністерством екології і природних ресурсів України, Міністерством охорони здоров'я України, прийняту до впровадження ДП «Центральний проектний інститут» Міністерства оборони України.

За програмою, розробленою у відділі та узгодженою з Мінприроди і службою екологічної безпеки Генерального штабу Збройних Сил України, в районі складу паливно-мастильних матеріалів (ПММ) аеродрому «Кульбакине» (м. Миколаїв) упродовж 2004–2005 рр. проведений комплекс польових досліджень, що передували і супроводжували довготривалу дослідно-експлуатаційну відкачку гасової лінзи (рис. 2).

Вперше в Україні таку масштабну роботу виконували не лише заради реабілітаційного ефекту, а ще й для того, щоб на основі зібраних матеріалів розробити науково обґрунтовану методику розвідки та вилучення мобільного гасу лінз, які в наш час існують в межах більшості об'єктів нафтопродуктозабезпечення. Розроблений у 2005 р. робочий проект приведення території складів ПММ аеродрому «Кульбакине» до екологічно безпечного стану був представлений на тендері, проведеному в 2008 р. у м. Вінниця, що можна було б вважати фактом упровадження наукових досліджень відділу, проте, як це траплялося і раніше, до практичної реалізації проекту через фінансові труднощі справа так і не дійшла.

У 2006 р. вийшла в світ монографія «Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами» [Огняник и др., 2006] – спільна робота науковців відділу охорони підземних вод ІГН НАН України та одного з провідних російських науково-виробничих підприємств «Геолінк Консалтинг». У 2013 р. опублікована монографія «Эколого-гидрогеологический мониторинг территорий загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами» [Огняник и др., 2013]. Обидві монографії містять узагальнення інформації з опублікованих джерел, аналіз результатів власних польових досліджень, лабораторних експериментів і методичних розробок, численні приклади вивчення і реабілітації територій, де геологічне середовище забруднене легкими нафтопродуктами.

\* Програмна система GWFS (Ground Water Flow Simulation) російсько-шведського СП «Геософт-Істлінк».



**Рис. 2.** Оглядова схема ділянки нафтопродуктового забруднення аеродрому «Кульбакине»

1 – лінза авіаційного гасу на рівні ґрунтових вод; 2 – зона поширення нафтових вуглеводнів, розчинених у ґрунтових водах; 3 – територія складу паливно-мастильних матеріалів; 4 – автозаправна станція; 5 – видобувні свердловини; 6 – спостережні свердловини; 7 – гідроізогіпси; 8 – лінії току, які обмежують зону поширення забруднюючих вуглеводнів

**Fig. 2.** Overview of the area of pollution of the «Kulbankyne» airfield by petroleum products

1 – aviation kerosene lens at groundwater level; 2 – area distribution of petroleum hydrocarbons dissolved in groundwater; 3 – storage area of fuel and oil; 4 – petrol station; 5 – extraction (pumped) wells; 6 – monitoring wells; 7 – hydroisogyps (equipotential lines); 8 – stream lines that limit the distribution of dissolved hydrocarbons zone

Певна репутація, яка прийшла слідом за цими публікаціями, сприяла запрошенню науковців відділу до участі у конкурсі інноваційних проектів у рамках міждержавної програми співробітництва країн СНД на період до 2020 р. За результатами конкурсу спільний російсько-білорусько-український проект «Розробка експертної системи реабілітації геологічного середовища, забрудненого нафтопродуктами, на основі принципів самоорганізації» у 2012 р. був прийнятий до виконання. Проте участь української команди в реалізації проекту стала неможливою через відмову у бюджетному фінансуванні.

Протягом 2013–2017 рр. у рамках Програми НАТО «Наука заради миру та безпеки» в Україні був реалізований проект G 4585 Remediation of Hydrocarbon Polluted Military Site in Ukraine (Ремедіація нафтопродуктових забруднень територій військових частин в Україні). Це був перший в Україні міжнародний проект, що спрямований на вирішення проблеми забруднення геологічного середовища нафтопродуктами на території військових об'єктів. З української сторони в його реалізації брали участь ІГН НАН України, Міністер-

ство оборони та Збройні Сили України. Зі сторони НАТО учасниками проекту були Геологічна Служба Франції (BRGM) і постачальник обладнання французька компанія Silex International (рис. 3).

В рамках проекту було обладнано сучасну систему очищення геологічного середовища від нафтохімічного забруднення на території військової частини А 2788 (м. Київ). Система включає комплекс насосного обладнання для вилучення забруднюючих речовин із геологічного середовища, системи розділення рідин та очищення підземних вод. Вперше в Україні є можливість селективного вилучення із геологічного середовища втрачених нафтопродуктів та забруднених підземних вод, триступеневого очищення вилучених підземних вод. Зазначена система може використовуватися для проведення навчальних тренінгів та у якості науково-методичного полігону для апробації і впровадження технологій ліквідації забруднення, що є актуальним з огляду на сотні осередків нафтохімічного забруднення, виявлених на території України. Співробітники відділу охорони підземних вод ІГН НАН України пройшли стажування у BRGM.



**Рис. 3.** Демонстрація системи очищення підземних вод під час церемонії початку практичних робіт за Програмою НАТО «Наука заради миру та безпеки»

**Fig. 3.** Demonstration of groundwater purification system during the ceremony of launching of practical work on the Program the NATO «Science for Peace and Security»

### Підсумки і перспективи

Подальші дослідження відділу охорони підземних вод ІГН НАН України направлені на наукове обґрунтування:

- методів прогнозування розповсюдження легких нафтопродуктів і оцінки загрози осередку забруднення для компонентів навколишнього середовища та господарських об'єктів;
- схем ліквідації (локалізації) осередків забруднення з використанням даних спеціального моніторингу;
- допустимої кількості залишкових нафтопродуктів у геологічному середовищі з врахуванням потенціалу самоочищення;
- методики оцінки ефективності та оптимізації ліквідаційних заходів на основі розв'язання прогнозних задач на математичних геофільтраційних моделях.

Заплановано продовження моніторингу на ділянках техногенного забруднення геологічного середовища нафтопродуктами (дослідні полігони «Бориспіль», «Святошин»); виконання лабораторних експериментів для встановлення

### Список літератури

**Бабинець А.Е., Огняник Н.С.** Принципы создания постоянно действующих математических моделей водонапорных систем. *Разработка теоретических, методических и практических основ создания постоянно действующих моделей водонапорных систем и отдельных объектов с целью контроля и оптимизации планируемых мероприятий.* Киев, 1981. С. 4–9. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 81-18).

**Бабинець А.Е., Огняник Н.С., Ситников А.Б., Рыбин В.Ф., Шестопалов В.М.** Введение в модели-

закономірностей міграції нафтопродуктів в умовах проведення ліквідаційних заходів; прогнозне математичне моделювання трансформації осередків забруднення під впливом природних та техногенних чинників (програмні комплекси MARTHE, TFDD, LDRM тощо).

Очікується впровадження результатів досліджень в практику виконання ліквідаційних робіт на ділянках нафтопродуктового забруднення, а також проведення навчально-методичних робіт із ліквідації забруднення на базі пілотного полігону «Святошин», який планується створити за результатами Програми НАТО «Наука заради миру та безпеки». Зокрема, передбачається адаптація європейських методів ліквідації забруднення до місцевих геолого-гідрогеологічних умов та проведення навчальних тренінгів для зацікавлених організацій. Впровадження зазначених технологій дозволить наблизитися до європейського рівня виконання природовідновлювальних заходів на ділянках нафтопродуктового забруднення.

рование гидрогеологических процессов. Киев: Наук. думка, 1980. 252 с.

**Брикс А.Л., Дробноход Н.И., Огняник Н.С.** Особенности оценки условий формирования подземных вод в долине р. Северский Донец. Киев, 1983. 57 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 83-13).

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

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

**Огняник Н.С.** Постоянно действующие математические модели гидрогеологических процессов (на примере юга УССР). Киев: Наук. думка, 1983. 166 с.

**Огняник Н.С., Парамонова Н.К., Брикс А.Л., Пашковский И.С., Коннов Д.В.** Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами. Киев: [А.П.Н.], 2006. 278 с.

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

**Шестопалов В.М., Дробноход Н.И., Лялько В.И., Огняник Н.С., Ситников А.Б., Сухоробрый А.А., Боревский Б.В., Бут Ю.С., Митник М.М., Брикс А.Л., Гавловский С.А., Лютый Г.Г., Морозов В.И., Голов-**

**ченко Ю.Г., Баер Р.А., Жук С.Г., Кубко Ю.И., Мандрик Б.Н.** Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в естественных условиях. Киев: Наук. думка, 1991. 528 с.

**Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И., Яковлев Е.А. Сухоробрый А.А., Боревский Б.В., Соболевский Э.Э., Антропцев А.М., Руденко Ю.Ф., Гавловский С.А., Богуславский А.С., Янчев В.К., Жук С.Г., Наседкин Ю.Н., Гайдин И.Н., Климчук А.Б., Люкшин В.С., Зильбербранд М.М., Абрамов И.Б., Бабенко В.Д., Шинкаревский М.А., Мандрик Б.Н., Брикс А.Л., Головченко Ю.Г., Морозов В.И., Морозов Э.А., Мартынов В.С., Стеценко Б.Д., Гудзенко В.В., Украинский И.И., Швец А.П., Гавриленко Т.Н., Карагодин Г.В., Строкань Н.А., Остап Л.И., Толкач В.С., Антонов Ю.И., Кудрявец Т.Д., Краснополский Н.А., Пасечный В.Г.** Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в нарушенных условиях. Киев: Наук. думка, 1991. 528 с.

## References

**Babinets A.Y., Ognianik N.S.,** 1981. Principles of constantly acting mathematical models of water pressure systems. In: *Development of theoretical, methodological and practical foundations for the creation of constantly acting mathematical models of water pressure systems and individual facilities for the purpose of monitoring and optimizing planned activities.* Kiev, p. 4–9, (Preprint of IGS of NAS of Ukraine; № 83–13) (in Russian).

**Babinets A.Y., Ognianik N.S., Sitnikov A.B., Rybin V.F., Shestopalov V.M.,** 1980. Introduction to modeling of hydrogeological processes. Kiev: Naukova Dumka, 252 p. (in Russian).

**Bricks A.L., Drobnohod N.I., Ognianik N.S.,** 1983. Features of evaluation of groundwater formation conditions in the valley of the Seversky Donets River. Kiev, 57 p., (Preprint of IGS of NAS of Ukraine; № 83–13) (in Russian).

**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). *Ecologiya dovkilli ta bezpeka zhyt-tyediyalnosti*, № 2, p. 35–40 (in Ukrainian).

**Bricks A.L., Ognianik N.S.,** 1997. The technique of modeling the action of water intake taking into account the process of groundwater contamination. *Geolichnyy zhurnal*, No 3–4 (284), p. 68–73 (in Russian).

**Ognianik N.S.,** 1983. Constantly acting mathematical models of hydrogeological processes (on the example of the south of the Ukrainian SSR). Kiev: Naukova Dumka, 166 p. (in Russian).

**Ognianik 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).

**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).

**Shestopalov V.M., Drobnohod N.I., Lyalko V.I., Ognianik N.S., Sitnikov A.B., Sukhorebryy A.A., Borevskiy B.V., But Yu.S., Mitnik M.M., Briks A.L., Gavlovskiy S.A., Lyutyy G.G., Morozov V.I., Golovchenko Yu.G., Baer R.A., Zhuk S.G., Kubko Yu.I., Mandrik B.N.,** 1989. Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine: Water exchange in natural conditions. Kiev: Naukova Dumka, 288 p. (in Russian).

**Shestopalov V.M., Ognianik N.S., Drobnohod N.I., Yakovlev E.A. Sukhorebryy A.A., Borevskiy B.V., Sobolevskiy E.E., Antroptsev A.M., Rudenko Yu.F., Gavlovskiy S.A., Boguslavskiy A.S., Yanchev V.K., Zhuk S.G., Nasedkin Yu.N., Gaydin I.N., Klimchuk A.B., Lyukshin V.S., Zil'berbrand M.M., Abramov I.B., Babenko V.D., Shinkarevskiy M.A., Mandrik B.N., Briks A.L., Golovchenko Yu.G., Morozov V.I., Morozov E.A., Martynov V.S., Stetsenko B.D., Gudzenko V.V., Ukrainskiy I.I., Shvets A.P., Gavrilenko T.N., Karagodin G.V., Strokan' N.A., Ostash L.I., Tolkach V.S., Antonov Yu.I., Kudryavets T.D., Krasnopol'skiy N.A., Pasechnyy V.G.,** 1991. Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine: Water exchange in disturbed conditions. Kiev: Naukova Dumka, 528 p. (in Russian).

Стаття надійшла  
02.07.2018.