

УДК 504.064:(556.388+665.71)](477.41)

**ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ЗМІНИ ОСЕРЕДКУ НАФТОХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОНІТОРИНГУ  
SPATIO-TEMPORAL CHANGES OF THE OIL CONTAMINATION BY MONITORING RESULTS**

**Р.Б. Гаврилюк, Ю.В. Загородній  
Ruslan B. Havryliuk, Yurii V. Zagorodniy**

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str., Kyiv, Ukraine, 01601 (gavrilyuk.ruslan@gmail.com)

На прикладі осередку забруднення геологічного середовища в районі складу паливно-мастильних матеріалів аеропорту «Бориспіль» за даними моніторингових досліджень встановлено закономірності просторово-часових змін та чинники, що їх визначають. Визначено межі розповсюдження забруднення геологічного середовища нафтопродуктами як по площі, так і за розрізом. Встановлено, що стан забруднення геологічного середовища суттєво залежить від положення рівня ґрунтових вод, що, у свою чергу, впливає на ефективність ліквідаційних заходів.

*Ключові слова:* забруднення, нафтопродукти, геологічне середовище, ґрунтові води, моніторинг.

In the case of the oil contamination (the oil storage, Boryspil airport) the regularity of spatio-temporal changes and their factors were defined by the monitoring results. The limits of contamination spreading in the geological environment were defined laterally and vertically. It was determined that the state of geological environment contamination sufficiently depends on a water table elevation, which affects the efficiency of liquidation actions. In the period of groundwater table rise the layer of oil product in most of the contamination area is captured by groundwater. The content of dissolved oil product in the groundwater below the oil product lens significantly declines with the depth, but herewith contamination of the alluvial aquifer occurs. The established regularities are important for the optimization of the liquidation pumping and correct interpretation of contamination condition according to monitoring data. For an objective assessment of the results of remediation and history of state changes of the liquid phase of contamination it should be compared the contamination condition at a point in time with similar groundwater levels positions.

*Keywords:* pollution, oil plume, geologic environment, groundwater, monitoring.

**ВСТУП**

Нафтохімічне забруднення підземних вод останніми десятиліттями виходить на провідні позиції за масштабами поширення. Щороку виявляються нові осередки забруднення, що потребують оцінки їх небезпеки для навколишнього середовища. Виконана оцінка повинна забезпечувати прийняття коректних та ефективних рішень щодо охорони навколишнього середовища. Просторово-часові зміни осередків нафтохімічного забруднення істотно впливають на його стан, відіграють важливу роль щодо впливу забруднення на довкілля, мають визначальне значення під час розробки стратегії проведення ліквідаційних заходів. Недооцінка просторово-часових змін, що обумовлені як природними, так і штучними чинниками, призводить до хибних оцінок потенційного впливу забруднення на природні та водногосподарські об'єкти, зумовлює недосконалість проєктованих заходів із ліквідації забруднення та не дозволяє досягнути очікуваних результатів.

В 90-х роках минулого століття було започатковано еколого-геологічні дослідження, які дозволили виявити окремі осередки нафтохімічного забруднення геологічного середовища (ГС). Здебільшого це були значні за масштабами осередки, приурочені до найбільших об'єктів-забруднювачів (нафтопереробних

заводів, військових аеродромів, складів зберігання нафтопродуктів – НП), встановити які було порівняно нескладно. Їх площа досягала десятків гектарів, а товщина шару рідких НП у пробурених свердловинах – декількох метрів. Виявлення подібних масштабних осередків забруднення призвело до започаткування так званих «природовідновлювальних» заходів, які, щоправда, мали на меті видобування втрачених НП із ГС. Крім того, проведення ліквідаційних заходів на безоплатній основі (за рахунок реалізації вилучених НП) обумовило обмеження у видах робіт, в тому числі за рахунок обстеження та моніторингу осередків забруднення, що не сприяло впровадженню методів глибокого очищення, таких як біодеградація, біовентиляція, біослярпінг, які не можуть бути самокупними.

До теперішнього часу в Україні не проведено санації до необхідного рівня на жодному із більшменш значущих осередків забруднення. При цьому ліквідаційні заходи на деяких об'єктах проводяться протягом 20 років. Зокрема, це осередки забруднення, приурочені до Кременчуцького, Одеського, Херсонського НПЗ, військових аеродромів у містах Узин, Прилуки, Луцьк та ін. В окремих випадках, наприклад аеродроми у містах Узин, Прилуки, зміна стану забруднення внаслідок впливу

гідрогеологічних чинників призводила до тимчасового зникнення рідкої фази НП, що помилково інтерпретувалось як його ліквідація. Проте із часом спостерігалось відновлення шару НП, що здебільшого було приурочено до зниження рівнів ґрунтових вод (РГВ).

Виявлені сотні осередків нафтохімічного забруднення ГС та потенційно ще тисячі, які продовжують знаходитись у «прихованій» формі, несуть загрозу для навколишнього середовища і насамперед – для підземних вод. Не є винятком забруднення території прирейкового складу паливно-мастильних матеріалів (ПММ) ДП «Міжнародний аеропорт «Бориспіль», що було виявлено у 1998 р., а в 2001 р. в його межах розпочато ліквідаційні заходи.

Метою наших досліджень є встановлення просторово-часових змін осередку нафтохімічного забруднення ділянки складу ПММ аеропорту «Бориспіль» за результатами моніторингу та їх впливу на ефективність ліквідаційних заходів.

#### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення поставлених задач проведено аналіз матеріалів попередніх вишукувальних робіт та результатів ліквідаційних заходів на ділянці складу ПММ аеропорту «Бориспіль», виконано буріння та облаштування мережі моніторингових свердловин, моніторингові дослідження осередку забруднення протягом 2011–2015 рр.

Моніторингові дослідження включали:

- відбір проб відкладів зони аерації та насиченої зони для визначення вмісту НП під час буріння свердловин;
- періодичні заміри РГВ та рідких НП у моніторингових свердловинах, а також заміри рівнів рідин у ліквідаційних свердловинах;
- відбір проб ґрунтових вод із моніторингових свердловин, дослідних зондів та підземних вод із артезіанської свердловини для визначення їх хімічного складу та вмісту розчинених НП (на

листопад 2014 р., березень 2015 р., вересень 2015 р.);

- аналіз відібраних проб у лабораторії нафтохімічних досліджень геологічного середовища, а також у інших лабораторіях Інституту геологічних наук НАН України.

#### МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Прирейковий склад ПММ є ключовим об'єктом у забезпеченні паливом аеропорту «Бориспіль». Основним типом НП, що зберігаються на складі, слугує авіаційний гас (РТ, ТС-1). Також зберігаються дизпаливо та автомобільний бензин. Основний об'єм НП зберігається у восьми наземних резервуарах РВС-2000.

Формування осередку забруднення ГС відбувалося в результаті втрат НП під час їх прийому, зберігання, подачі до аеропорту. Скоріше за все, ці втрати відбувались протягом всього періоду експлуатації складу ПММ, але їх інтенсивність зростала із часом, що пов'язано із зношенням технологічного обладнання. Ядром осередку забруднення є лінза рідких НП, сформована в алювіальних відкладах переважно супіщаного складу та приурочена до поверхні ґрунтових вод (рис. 1, 2). Зона максимального забруднення приурочена до ділянки розташування залізничної зливно-наливної естакади та насосної станції. Вірогідно, що ці об'єкти були основними джерелами надходження легких НП до ГС. Не виключено, що на цих об'єктах втрати відбуваються до сьогоднішнього часу.

НП, які складають лінзу, темно-коричневого забарвлення, за винятком крайньої західної частини лінзи, де вони мають світло-коричневий колір, щільність НП становить 0,8–0,83 г/см<sup>3</sup>, а кінематична в'язкість, визначена за допомогою віскозиметра капілярного скляного ВПЖ-1, – 1,7–1,97 мм<sup>2</sup>/с (див. таблицю 1). Тобто фізичні властивості НП близькі до авіаційного гасу, що підтверджує його переважання серед інших типів НП під час формування забруднення.

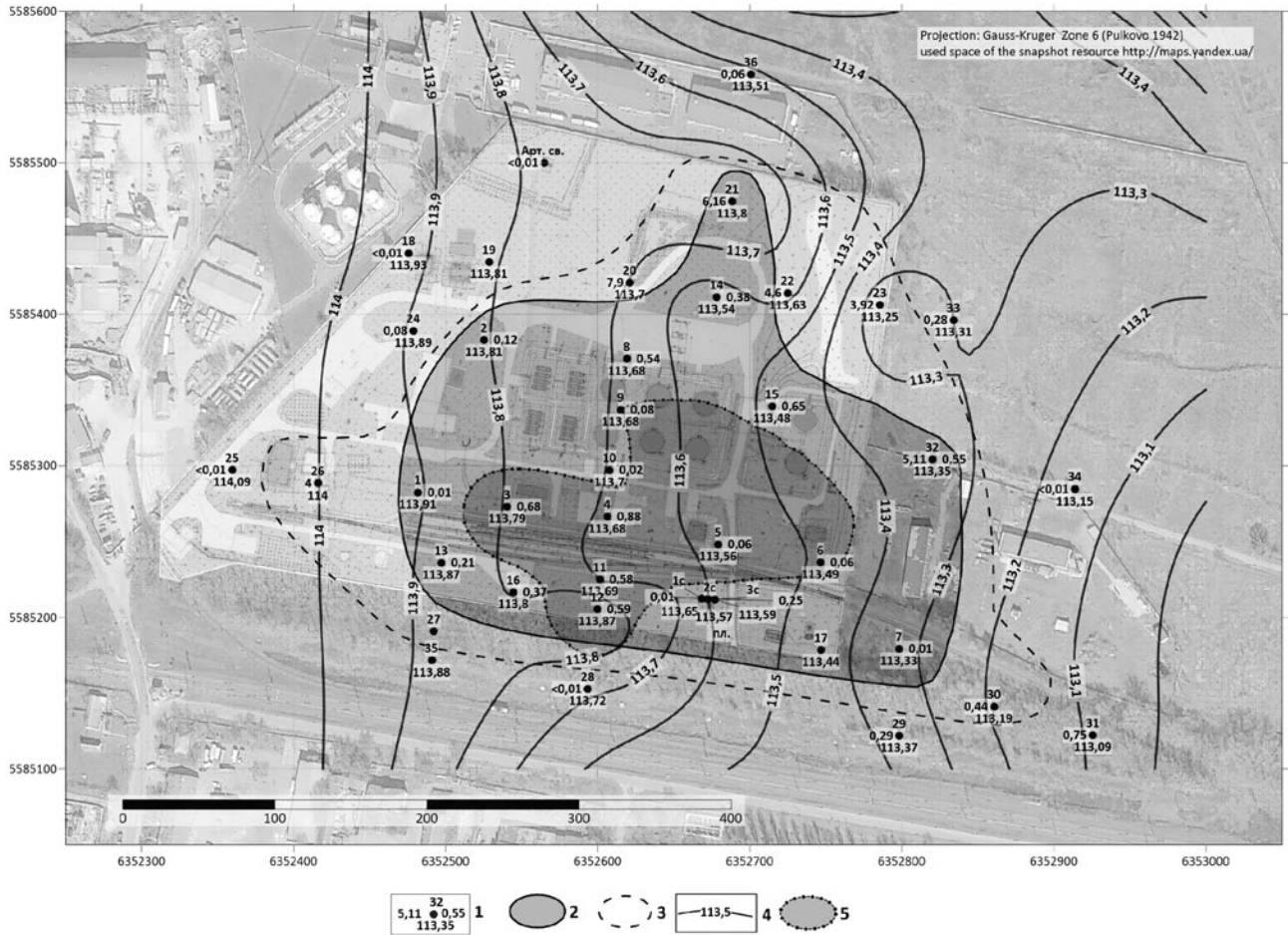
Таблиця 1. Показники щільності та в'язкості НП із лінзи (станом на жовтень 2011 р.)

Table 1. Density and viscosity of the oil petroleum product (October 2011)

| Місце відбору     | Щільність НП, г/см <sup>3</sup> | Кінематична в'язкість наНП при t = 20 °С, мм <sup>2</sup> /с |
|-------------------|---------------------------------|--|
| св. 1             | 0.813                           | 1,97   |
| св. 19            | 0.831                           | 1,70   |
| св. НЗ            | 0.803                           | 1,82   |
| св. 12м           | 0.805                           | 1,89   |
| св. 15м           | 0.837                           | 1,96   |
| Збірний резервуар | 0.803                           | 1,82   |

Примітка: У пробі із св. 19 НП має світле забарвлення, в решті – темне.

Note: The sample from the well 19 oil product has a bright color, others – dark.



**Рис. 1.** Карта поширення нафтопродуктового забруднення складу ПММ ДП «Міжнародний аеропорт «Бориспіль» станом на вересень 2015 р.:

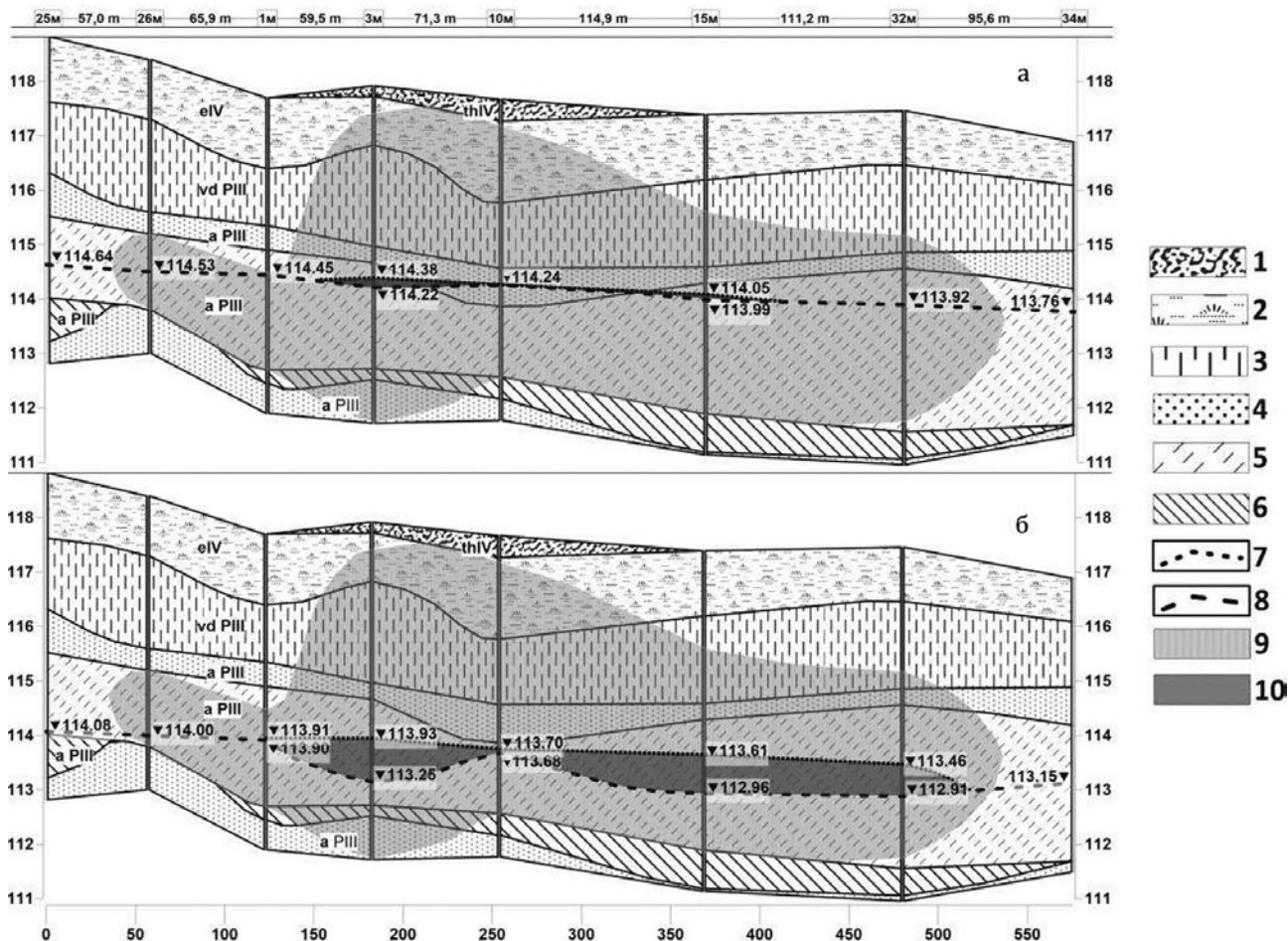
1 – моніторингові свердловини: зверху – номер; знизу – абс. відм. РГВ (м); праворуч – потужність шару НП (м), пл. – плівка; ліворуч – вміст НП у ґрунтових водах, мг/дм<sup>3</sup> (станом на вересень 2015 р.); 2 – орієнтовний контур поширення мобільних НП; 3 – контур поширення забруднених відкладів; 4 – ізогіпси поверхні ґрунтового водоносного горизонту (м); 5 – орієнтовний контур поширення мобільних НП станом 1998 р.

**Fig. 1.** The map of spread of the oil contamination in SE «International airport «Borispol» as for September 2015: 1 – monitoring wells: top – number of wells; bottom – altitude piezometric level of groundwater (m); right – thickness oil (m), пл. – film oil; left – the oil content in groundwater, mg/dm<sup>3</sup> (September 2015); 2 – indicative outline proliferation of mobile oil; 3 – distribution of oil circuit product contamination rocks; 4 – contour line surface soil aquifer (m); 5 – indicative outline proliferation of mobile oil as of 1998.

Забруднення ГС НП вперше було виявлено в 1998 р. під час досліджень АП «Укрбудвишукування». За результатами робіт було зроблено висновок про необхідність проведення невідкладних заходів із локалізації та ліквідації забруднення. Після цього було розроблено проект із ліквідації забруднення (Рабочий проект, 1999) шляхом відкачки НП та забруднених вод із вертикальних свердловин, а також здійснено будівництво мережі ліквідаційних свердловин. Ця мережа налічує 42 ліквідаційні свердловини, обладнані пневматичними насосами та з'єднані мережею трубопроводів. Вона експлуатується із 2001 р. У результаті проведення ліквідаційного відкачування (станом на 2015 р.)

вилучено та очищено понад 30 тис. м<sup>3</sup> забрудненої води та 341 м<sup>3</sup> рідких НП. Проте виконані ліквідаційні заходи не дозволили досягнути очікуваних результатів – забруднення у формі лінзи НП продовжує існувати та становить загрозу подальшого розповсюдження.

Ліквідаційні відкачування мали максимальний ефект у початковий період. У першій рік було вилучено 63 % (215 м<sup>3</sup>), а протягом наступних трьох років – 83 % (282 м<sup>3</sup>) від загального обсягу вилучених НП. В подальші роки спостерігається стабілізація вилучення НП на рівні 5–6 м<sup>3</sup>. Суттєве зниження ефективності ліквідаційних відкачувань після перших років їх проведення підтверджується



**Рис. 2.** Еколого-гідрологічний розріз території досліджень станом на: а – листопад 2014 р.; б – вересень 2015 р. 1 – насипний ґрунт; 2 – ґрунтово-рослинний шар; 3 – супісок лесовидний; 4 – пісок; 5 – супісок; 6 – суглинок; 7 – рівень НП; 8 – РГВ; 9 – контур забруднених ґрунтів; 10 – лінза мобільних НП.

**Fig. 2.** Ecological and hydrogeological section on area research site as: a – November 2014; b – September 2015 1 – bulk soil; 2 – layer soil and vegetation; 3 – sandy loam loess like; 4 – sand; 5 – sandy loam; 6 – loam; 7 – the level of mineral oil; 8 – groundwater level; 9 – contour of oil-contaminated soil; 10 – lens mobile oil.

даними, отриманими на інших об'єктах в Україні (аеродром у м. Миколаїв) та за кордоном (Голубев, 2008; Румынин, 2011).

Одним із ключових чинників, що визначив недоліки ліквідаційної системи, стала відсутність моніторингових спостережень за станом забруднення на етапі проектування. Це не дозволило встановити дійсну площу та умови знаходження забруднення в ГС. Як наслідок, ліквідаційні свердловини не охопили всю площу поширення рідких НП, відстані між ними виявились надто великими, що призвело до збільшення часу ліквідації. Крім того, ліквідаційна система не забезпечувала постійне зниження РГВ через перерви у роботі та складності регулювання положення забірної частини насосу, що виконувалось в ручному режимі.

Станом на 1998 р. площа лінзи оцінювалась в 4,2 га (рис. 1). Потужність шару рідких НП

у свердловинах досягала 0,9 м, а згодом – 1,2–1,6 м, при глибинах залягання 2,5–3,0 м. Порівняння РГВ, що зафіксовані у процесі виявлення забруднення, із моніторинговими даними, отриманими протягом 2011–2015 рр., показує, що станом на 1998 р. рівні знаходились на відмітках, близьких до максимальних. Підняття рівнів призвело до захоплення значної частини лінзи у ґрунтового водоносного горизонті, і лише центральна, найбільш потужна, частина залишилась в мобільному стані; саме ця частина була зафіксована у 1998 р. Дійсні межі лінзи у процесі подальших досліджень виявились значно ширшими за рахунок відновлення «периферійних» ділянок після зниження РГВ.

Відповідно до систематизації різновидів осередків забруднення та процесів їх трансформації (Брикс, Гаврилюк, 2015), осередок, що досліджується, може

бути віднесено до типу С1 – «коливальний», із ознаками типу В1 – «розпливчастий» та D1 – «перенесення розчинених НП у ґрунтових водах», що визначено впливом техногенних і природних чинників.

Серед техногенних чинників у формуванні та просторово-часових змінах осередку забруднення провідну роль відіграють втрати НП та ліквідаційні заходи. Припускається, що основні втрати НП відбувалися до виявлення осередку забруднення, що опосередковано підтверджується результатами виконаних досліджень. В той же час результати досліджень не виключають ймовірності менших втрат НП після початку ліквідаційних заходів. Основні надходження рідких НП до лінзи відбувалося на ділянці розташування залізничної зливно-наливної естакади та насосної станції, на що вказує найбільша товщина шару НП, незважаючи на максимальне зосередження на цій ділянці ліквідаційних свердловин. Проте обсяги втрат в останні роки, вірогідно, не перевищують обсягів вилучених із ГС НП, тобто 5–6 м<sup>3</sup>/рік, що на два порядки менше орієнтовних обсягів втрат у попередні роки.

Під час ліквідаційних відкачувань знижується РГВ, що, як і природні коливання, призводить до перенесення забруднення вниз по розрізу. Максимальне зниження рівнів у свердловинах спостерігалось в процесі їх буріння. Можна припустити, що навколо ліквідаційних свердловин сформувалися локальні «штучно заглиблені» осередки забруднення. Особливо небезпечним щодо впливу забруднення на довкілля є розкриття частиною ліквідаційних свердловин шару алювіальних пісків, що визначає прямий гідравлічний зв'язок між забрудненою зоною та алювіальним водоносним горизонтом. Там, де розташовані ці свердловини (здебільшого це південна частина лінзи) можна очікувати надходження розчинених НП до алювіального горизонту.

Дійсне збільшення площі рідких НП відбувається за рахунок їх латерального розповсюдження в періоди, коли рідкі НП не захоплені у водоносному горизонті (знаходяться у мобільному стані). Переважаючий напрямок розповсюдження – східний, відповідно до напрямку руху ґрунтових вод (рис. 1). У випадках значних втрат НП вони, згідно з розрахунками, протягом кількох днів досягали поверхні ґрунтових вод. При таких умовах, коли вертикальний підтік переважає горизонтальний відтік, утворюється купол розтікання. Автори даної статті припускають, що цим обумовлено поширення лінзи в південному та північному напрямках від джерел забруднення.

За результатами моніторингу площа розповсюдження шару мобільних НП станом на вересень

2015 р. становить 7,8 га (рис. 1), що майже удвічі перевищує площу, визначену у 1998 р. (4,2 га). Можна припустити, що на максимальне розповсюдження рідких НП у ГС вказує зона поширення забруднених ґрунтів, площа якої становить 11,9 га. Розповсюдження лінзи НП у напрямку руху ґрунтових вод (східний напрямок) зафіксовано за даними спостережень у св. 7. Під час буріння свердловини (липень 2012 р.) ознак НП-забруднення не було виявлено. Щомісячні заміри рівнів у свердловині свідчили про відсутність рідких НП, концентрація розчинених НП у ґрунтових водах становила 1,51 мг/дм<sup>3</sup> (липень 2012 р.). Але у листопаді 2012 р. у свердловині зафіксовано появу шару рідких НП (0,37 см), який спостерігався і в подальшому.

Основну роль у просторовій трансформації забруднення відіграє коливання РГВ. Результати моніторингу свідчать, що формування шару мобільних НП у відкладах значною мірою залежить від положення РГВ на даний момент часу. Відсутність або зменшення товщини шару НП у свердловинах, зафіксовані у період моніторингу, здебільшого не пов'язані з впливом ліквідаційних заходів, що проводяться на ділянці забруднення, а зумовлені природним режимом ґрунтових вод.

Яскравим прикладом є результати спостережень у св. 3, згідно із якими шар НП товщиною близько 0,9 м, що спостерігається протягом літа–осені 2012 р. на глибині близько 3,7 м, під час підйому РГВ улітку 2014 р. зменшився до 1 см (рис. 3). Подальше зниження РГВ супроводжувалося відновленням шару НП. Станом на вересень 2015 р., коли відмітки РГВ зменшилися до відміток осені 2012 р., товщина шару НП у св. 3 збільшилася практично до показників осені 2012 р. і становила 0,7 м із можливим повним відновленням шару НП протягом наступних місяців.

Схожа закономірність спостерігається і в інших моніторингових свердловинах, розташованих у зоні поширення лінзи авіаційного гасу. Під час підйому РГВ у червні 2014 р. відбулося зменшення товщини шару НП у свердловинах порівняно із листопадом 2012 р. на 80–99 %, а у деяких випадках – його повне зникнення. В результаті станом на червень 2014 р. максимальна товщина шару рідких НП у свердловинах сягала 0,2 м та значно зменшилася площа мобільної фази забруднення, що у випадку відсутності моніторингових даних могло б помилково свідчити про значно нижчий, порівняно із реальним, ступінь забруднення. Зниження РГВ, що спостерігалось протягом 2015 р., призвело до вивільнен-

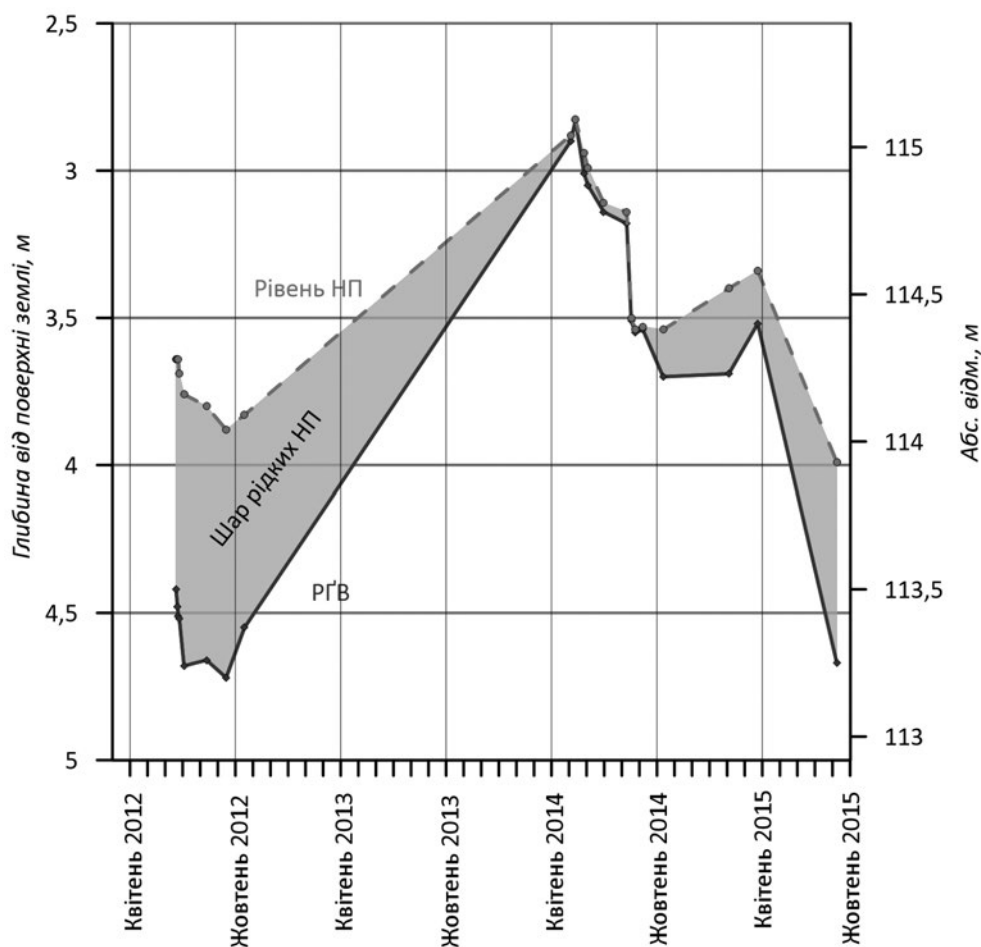


Рис. 3. Зміна товщини шару рідких НП у св. 3 при зміні РГВ.

Fig. 3. Change the thickness of liquid oil in the well 3 when changing groundwater level.

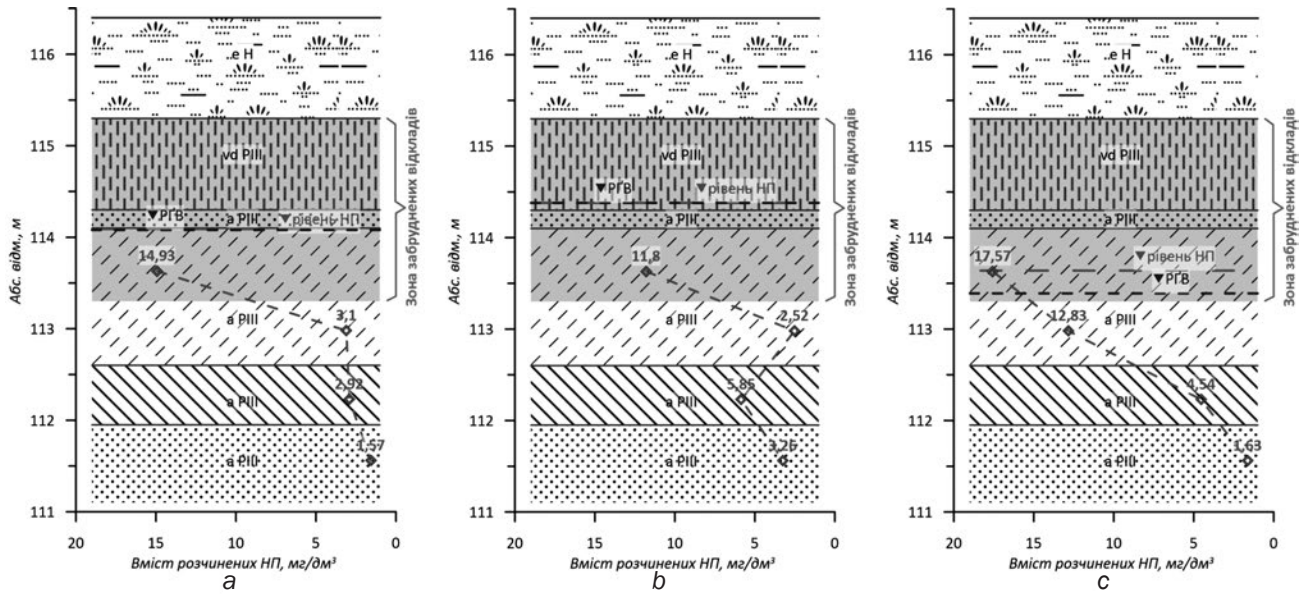
ня захоплених рідких НП та відновлення його шару у відкладах та свердловинах (рис. 2).

Латеральне розповсюдження забруднення в розчиненій формі є досить обмеженим по площі. Локалізація розчинених НП, ймовірно, зумовлена сорбційними властивостями осадових відкладів та здатністю ГС до самоочищення шляхом хімічного окиснення та біологічної деструкції забруднювача. На відстані близько 100 м від межі поширення лінзи у св. 34 (рис. 1) протягом 2014–2015 рр. розчинених НП не було виявлено. Встановлене забруднення за даними св. 31, що також розташована в напрямку руху ґрунтових вод, але дещо на південь, вірогідно, зумовлено впливом залізниці, що з'єднує склад ПММ із залізничною магістраллю Київ–Харків. Ймовірно, в районі залізничної колії сформовано забруднення відкладів, які є джерелом надходження розчинених НП у ґрунтові води.

Більш небезпечним може виявитися вертикальна міграція розчиненого забруднювача (Гаврилук, Загородній, 2015). За результатами

поінтервального опробування ґрунтового водоносного горизонту зафіксовано суттєве зменшення концентрацій розчинених НП у насиченій зоні ґрунтового водоносного горизонту із глибиною від 12–17 до 1–3 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 4). Встановлено, що максимальні концентрації розчинених НП приурочені до прошарку забруднених ґрунтів – вміст розчинених НП на глибині 2,7–2,9 м становив 12–17 мг/дм<sup>3</sup>. Найвища концентрація приурочена до моменту максимального зниження рівнів – вересень 2015 р. На цей самий момент часу відбувається різке зростання концентрації НП на глибині 3,4–3,6 м до 13 мг/дм<sup>3</sup>, що також викликано зниженням рівнів та надходженням забруднених вод із верхньої частини водоносного горизонту.

Стабільна наявність розчинених НП на глибині 4,8–5,0 м в алювіальних водонасичених пісках свідчить про їх забруднення та ймовірність подальшого поширення забруднення на значні відстані у добре проникливі піщані відклади. У той самий час розчинених НП не виявлено в артезіанській свердловині



**Рис. 4.** Вміст розчинених НП у ґрунтових водах за глибиною:

а – станом на 11.2014 р., б – станом на 03.2015 р., с – станом на 09.2015 р.

**Fig. 4.** The concentration of dissolved oil in groundwater in the depth:

а – 11.2014; б – 03.2015; с – 09.2015.

вині глибиною близько 50 м, що знаходиться в межах складу ПММ (рис. 1) та експлуатує нижню частину алювіального водоносного горизонту.

#### ВИСНОВКИ

Просторово-часові зміни осередків нафтохімічного забруднення приреєвкового складу ПММ аеропорту «Бориспіль» визначаються впливом природних і штучних чинників. Провідну роль у зміні стану забруднення відіграє положення РГВ. Зокрема, підйом РГВ на фоні зменшення товщини центральної частини лінзи в результаті тривалих ліквідаційних відкачувань призводить до практично повного захоплення шару НП у ґрунтових водах. Наступне зниження РГВ супроводжується відновленням шару НП до попередніх показників. Встановлені закономірності є важливими для оптимізації ліквідаційних відкачувань та вірної інтерпретації стану забруднення за даними замірів рівнів рідин у свердловинах. Для об'єктивної оцінки результатів ліквідаційних заходів та динаміки змін стану рідкої фази забруднення варто проводити порівняння на моменти часу із подібними положеннями РГВ.

Відсутність моніторингових спостережень на етапі проектування ліквідаційної системи унеможливила отримання достовірної інформації про стан забруднення, що визначило її недоліки. Враховуючи, що на момент передпроектних вишукувань спостерігалось положення РГВ, близьке до максимального, було виявлено лише централь-

ну, найбільш потужну, частину лінзи, в межах якої були зосереджені ліквідаційні свердловини.

Дані моніторингових досліджень свідчать, що основне формування осередку забруднення відбулося до моменту його виявлення у 1998 р. У той же час існує ймовірність сучасного надходження НП до лінзи на ділянці насосної станції та залізничної зливно-наливної естакади, де спостерігається стала потужність шару НП.

Латеральне розповсюдження рідких НП приурочено до періоду відновлення їх мобільного стану і відбувається в напрямку потоку ґрунтових вод. Тому важливо інтенсифікувати ліквідаційні заходи в такі періоди для попередження збільшення площі поширення рідких НП.

Важливу роль у локалізації латерального поширення розчиненої форми забруднення відіграють сорбційні властивості та здатність ГС до самоочищення шляхом хімічного окиснення та біологічної деструкції забруднювача. Більш небезпечним є вертикальна міграція розчинених НП. За результатами досліджень встановлено суттєве зменшення концентрацій розчинених НП у насиченій зоні ґрунтового водоносного горизонту із глибиною від 12–17 мг/дм<sup>3</sup> у верхній частині горизонту до 1–3 мг/дм<sup>3</sup> на глибині 5 м у добре проникних алювіальних пісках. Наявність розчинених НП в алювіальному водоносному горизонті свідчить про його забруднення та ймовірність подальшого поширення забруднення на значні відстані.

**REFERENCES**

- Bricks A.L., Havryliuk R.B., 2015. Transformation of light hydrocarbon accumulations contaminating the geological environment (Transformatsiia skupchen lehkych naftoproduktiv, zabrudniuychkh heolohichne seredovyshe). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University (Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina)*, series «Geology. Geography. Ecology», pp. 116-153. (In Ukrainian).
- Havryliuk R.B., Zagorodny Yu.V., 2015. Methodological aspects of monitoring of geological environment pollution by oil products (Metodychni aspekty monitorynhu zabrudnennia heolohichnoho seredovyscha naftoproduktamy). The actual problems of hydrology: Proceedings of the 2-nd Sci. Conf. (Kharkiv, November 4–6, 2015), pp. 77–80. (In Ukrainian).
- Golubev A. A., 2008. Environmental remediation and monitoring of geological environment contamination with hydrocarbons: the example of airfield facilities within the Moscow region (Jekologicheskaja reabilitacija i monitoring uglevodorodnogo zagrjaznenija geologicheskoy sredy: na primere aje-rodnogo hozjajstva v Moskovskoj oblasti), synopsis Ph. D (Geoecology), diss. Moscow, 25 p. (In Russian).
- Extraction and purification of groundwater contaminated with hydrocarbon compounds and prevention of their distribution from the oil storage, Boryspil airport within Boryspil district of Kyiv region, 1999. (*Izvlечenie i ochistka podzemnyh vod zagrjaznennyh uglevodorodnymi soedinenijami i predosterezhenie ih vyтока s territorii sklada GSM a/p «Borispol» Borispol'skogo rajona Kievskoj obl*). Working design. Book 2.1. Explanatory note; AP «Ukrstroyizyskaniya», Kyiv, 46 p. (In Russian).
- Rumynin V.G., 2011. Geomigration models in hydrogeology (*Geomigracionnye modeli v gidrogeologii*). Moscow, Nedra, 1197 p. (In Russian).
- Брикс А.Л. Трансформація скупчень легких нафтопродуктів, забруднюючих геологічне середовище / А.Л. Брикс, Р.Б. Гаврилюк // Вісн. Харків. нац. ун-ту імені В. Н. Каразіна. Серія: «Геологія, географія, екологія». – 2015. – № 1157. – С. 116-123.
- Гаврилюк Р.Б. Методичні аспекти моніторингу забруднення геологічного середовища нафтопродуктами / Р.Б. Гаврилюк, Ю. В. Загородній // Актуальні проблеми гідрогеології : матеріали II Наук. конф. (м. Харків, 4–6 листопада 2015 р.) / Гол. оргкомітету Азаренков М.О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – С. 77–80.
- Голубев А. А. Экологическая реабилитация и мониторинг углеводородного загрязнения геологической среды: на примере аэродромного хозяйства в Московской области : автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук : спец. 25.00.36 «Геоэкология» / А. А. Голубев. – М., 2008. – 25 с.
- Рабочий проект. Извлечение и очистка подземных вод загрязненных углеводородными соединениями (НФП) и предостережение их вытока с территории склада ГСМ а/п «Борисполь» Бориспольского района Киевской обл. : Рабочий проект. Кн. 2.1. Пояснительная записка; АП «Укрстройизыскания». – Киев, 1999. – 46 с.
- Румынин В. Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии / В. Г. Румынин. – М.: Недра, 2011. – 1197 с.

Manuscript resived 30 October 2015;  
revision accepted 29 February 2016

Інститут геологічних наук НАН України,  
Київ, Україна

**Р.Б. Гаврилюк, Ю.В. Загородній**

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА**

На примере загрязнения геологической среды в районе склада горюче-смазочных материалов аэропорта «Борисполь» по данным мониторинговых исследований установлены закономерности пространственно-временных изменений и причины, которые их вызывают. Определены границы распространения загрязнения геологической среды нефтепродуктами как по площади, так и по глубине. Установлено, что состояние загрязнения геологической среды существенно зависит от положения уровня грунтовых вод, что, в свою очередь, влияет на эффективность ликвидационных мероприятий. В периоды подъема уровней грунтовых вод слой мобильных нефтепродуктов на большей части площади загрязнения захватывается грунтовыми водами. Содержание растворенных нефтепродуктов в грунтовых водах ниже линзы существенно уменьшается с глубиной, но при этом происходит загрязнение аллювиального водоносного горизонта. Установленные закономерности важны для оптимизации ликвидационных откаток и верной интерпретации состояния загрязнения по данным мониторинга. Для объективной оценки результатов ликвидационных мероприятий и динамики изменений состояния жидкой фазы загрязнения следует проводить сравнения состояния загрязнения на моменты времени с подобными положениями уровней грунтовых вод.

*Ключевые слова:* загрязнение, нефтепродукты, геологическая среда, грунтовые воды, мониторинг.