

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ОСВОЄННЯ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ НА ВОЛИНО-ПОДІЛЛІ

І.Д. Багрій, В.П. Чепіль, К.М. Стародубець

*Інститут геологічних наук НАН України, вул. О. Гончара, 55б, Київ 01054, Україна,
e-mail: bagrid@ukr.net, starodubets.kirill@ukr.net*

Сучасні технології розробки сланцевого газу ґрунтуються на гідравлічному розриві пласта, застосування якого несе в собі численні екологічні ризики для довкілля. Внаслідок таких робіт на перспективній території Волино-Поділля можуть проявлятися несприятливі екологічні процеси, а саме забруднення підземних джерел питної води, проникнення на поверхню технологічних розчинів і газу, активізація техногенних землетрусів і зсувів. З метою їх попередження проведено роботи з виявлення і картування ділянок екологічних ризиків. Виділено охоронні зони, зокрема системи водозаборів, місцевих агломерацій тощо. Запропоновано засоби поетапної оптимізації існуючої мережі спостережень у вигляді одного поздовжнього регіонального профілю північно-західного простягання та кількох поперечних, що проходять з південного заходу на північний схід.

Ключові слова: техногенне навантаження, сланцевий газ, підземні води, мережі моніторингу, оптимізація.

В останні роки у структурі світового паливно-енергетичного комплексу поряд із традиційними джерелами вуглеводнів стрімко зростає роль нетрадиційних (неконвенційних) джерел — насамперед газових, до яких належить сланцевий газ. Його у великих обсягах видобувають у Північній Америці, завдяки чому США випередили Росію і вийшли на перше місце у світі з видобутку газу.

Дослідження українських геологів однозначно дають змогу констатувати, що українські нафтогазоносні басейни, зокрема Волино-Поділля, належать до перспективних територій на сланцевий газ [4, 7]. Перспективна територія на сланцевий газ Волино-Поділля є значним сегментом Західного нафтогазоносного регіону України (понад 6,5 тис. км²). Основні перспективи пов'язані із силурійськими чорними сланцями [5, 6], з яких уже отримані припливи сланцевого газу в Польщі.

Основним технологічним елементом освоєння сланцевого газу є використання гідророзриву пластів. Проведення гідророзриву може призвести до забруднення підземних джерел питної води, активізувати техногенні землетруси, зсуви тощо. До того ж проведення масового гідророзриву потребує великих обсягів води і піску. Навіть у США все це створює великі екологічні труднощі. Природозахисні установи постійно звертають увагу на зв'язок проведених гідророзривів у газонасних сланцях в штатах Пенсильванія, Огайо, Колорадо, Вайомінг із довготривалим забрудненням артезіанських і поверхневих вод, руйнуванням деяких споруд, спотворенням умов землеробства та іншими негативними чинниками погіршення навколишнього середовища. Особливу тривогу екологів викликає розробка родовищ (Файєтвіл, Ентрім, Нью-Олбані та ін.), де газ видобувають

із сланців, що залягають на глибинах лише на 100–120 м нижче підошви питних підземних вод.

Зазначені екологічні проблеми під час видобування нетрадиційного газу можуть теж проявитися повною мірою на Волино-Поділля. На відміну від більшості родовищ сланцевого газу США та особливо Канади, перспективні території на сланцевий газ Волино-Поділля знаходяться у густонаселених районах з інтенсивним землеробством. Освоєння природних ресурсів території досліджень за останні десятиріччя визначило негативну роль техногенного навантаження на геологічне середовище. Господарська діяльність суттєво впливає на формування хімічного складу поверхневих вод. Техногенне навантаження є сукупним впливом техногенних об'єктів різного виду та інтенсивності на ландшафтні системи, екосистеми і гідрогеологічні системи, яке спричинює їх трансформацію, відповідну реакцію, соціально-економічні та екологічні наслідки. Господарська діяльність значно впливає на формування хімічного складу поверхневих вод.

Територія досліджень переважно належить до районів з високим ступенем техногенного навантаження.

Негативним чинником також є складна тектоногеодинамічна ситуація на Волино-Поділля. Зокрема, слід урахувувати наявність в її межах тектонічних лінементів різного рангу і пов'язаних з ними зон тріщинуватості та тектонічного дроблення, що створюють зони крізьформаційної проникності. Проведення штучних гідророзривів у великих обсягах у таких зонах може створювати умови для проривів газу та забруднювальних речовин у вищезалігаючі водоносні горизонти і на земну поверхню (забруднення ґрунтових і поверх-

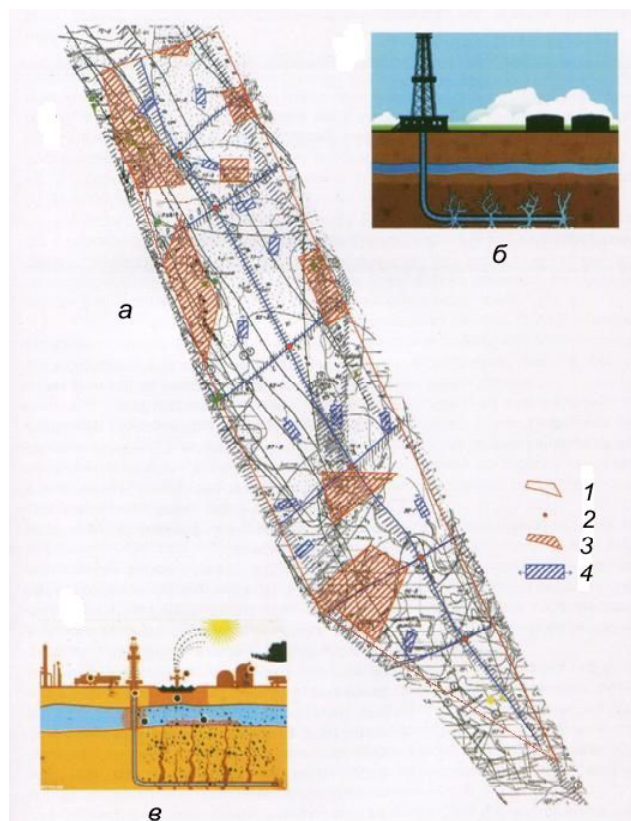
невих вод, загальне підвищення інтенсивності емісії метану тощо).

Для моніторингу за вказаними вище процесами необхідна цілісна система постійних спостережень.

Проведені дослідження дали змогу виявити і закартувати ділянки екологічної небезпеки – природні проникні тектонічні зони, які можуть стати провідниками у верхні водоносні горизонти і на поверхню технологічних розчинів і газів, виділити охоронні зони (зокрема системи водозаборів, місцевих агломерацій), де не слід видобувати газ. Особливу увагу приділено ділянкам, що приурочені до річкових долин і пов'язаних із зонами розривних порушень та розущільненості порід, відповідно, до каналів глибинної дегазації та зон висхідного розвантаження глибокозалягаючих підземних вод з підвищеною мінералізацією (рисунок).

У зв'язку з цим вибір об'єктів проведення подальших геологорозвідувальних робіт на сланцевий газ пропонуємо проводити з обов'язковим урахуванням виділених ділянок екологічної небезпеки.

Аналіз розміщення мережі спостережень за підземними водами, за нашими дослідженнями



Прогнозна схема ділянок екологічно небезпечного видобутку сланцевого газу (за результатами попередніх досліджень, І.Д. Багрій): *а* – об'єкти гідрогеоекологічного моніторингу: 1 – ділянка видобутку сланцевого газу; 2 – елементи першого рівня моніторингу (спостережні свердловини); 3 – охоронні блоки, які не порушені технологією гідророзриву (в зонах розташування водозаборів питних вод); 4 – зони підвищеного взаємозв'язку підземних і поверхневих вод (зони перетоків та розвантаження); *б* – гідророзрив продуктивного пласта; *в* – вихід технологічного розчину і газу у верхні водоносні горизонти та на поверхню

[1, 2], показав, що вона потребує цільової оптимізації з огляду на стан видобувних робіт, розміщення об'єктів водопостачання та режим підземних вод. Для цього слід виконати:

- детальний аналіз стану підземних вод у басейні з визначенням розмірів і напрямків впливу окремих об'єктів інженерної інфраструктури;
- оцінку відповідності існуючої мережі та методики моніторингу масштабам і темпам змін, що відбуваються в підземних водах басейну в цілому та на окремих його ділянках;
- проектування та реалізацію заходів щодо оптимізації системи моніторингу відповідно до визначених тенденцій та інтенсивності процесів, що відбуваються в підземних водах, з урахуванням перспективних планів розвитку газовидобувних робіт.

Відповідно до викладеного подальші роботи з оптимізації існуючої мережі моніторингу пропонуємо виконувати поетапно.

На першому етапі необхідно здійснити роботи щодо наближення мережі гідрогеологічного моніторингу до типових схем розміщення пунктів спостережень на рівні басейну в цілому з виділенням пунктів спостережень і на рівні окремих об'єктів виробничої інфраструктури, що впливають або можуть вплинути на стан підземних вод.

З метою вдосконалення системи гідрогеологічного моніторингу підземних вод пропонуємо оптимізувати мережу спостережень першого рівня у вигляді одного поздовжнього регіонального профілю, що проходить з північного заходу на південний схід басейну перспективного видобутку сланцевого газу, та кількох поперечних, що проходять з південного заходу на північний схід (див. рисунок).

Подальшу оптимізацію мережі моніторингу підземних вод рекомендуємо проводити за даними аналізу особливостей їх режиму. В разі виявлення проблемних ділянок пропонуємо ущільнювати регіональну мережу моніторингу, створюючи додаткові профілі до існуючої мережі відповідно до напрямків та інтенсивності впливу видобування газу на підземні води. Кількість додаткових профілів визначатиметься інтенсивністю впливу на підземні води і може становити від двох до п'яти (див. рисунок). Під час визначення кількості профілів і конкретних пунктів спостережень необхідно враховувати генеральну схему розміщення виробничих об'єктів та можливість виникнення кризових і надзвичайних ситуацій, пов'язаних з техногенним впливом видобутку газу.

Мережу спостережних пунктів другого рівня оптимізації потрібно створювати на основі картування результатів польових структурно-термоатомогеохімічних досліджень [3]. Пункти спостережень на цих профілях також доцільно групувати

вузлами з вивченням режиму підземних вод усіх взаємозв'язаних водоносних горизонтів, зокрема і поверхневих.

При виборі конкретних схем розміщення пунктів спостережень неодмінно слід урахувувати гідравлічний зв'язок окремих водоносних горизонтів між собою і з поверхневими водами, а також ступінь впливу порушеного режиму підземних вод на промислові та житлово-комунальні об'єкти, сільську забудову, сільгоспугіддя та інші складові довкілля.

Визначення пунктів спостережень за рівнями та хімічним складом підземних вод з міркувань економічної доцільності має бути системним. Водночас окремі пункти мережі моніторингу важливо спеціалізувати на вивчення змін у підземних водах, що відбуваються під впливом окремих чинників порушення їх природного режиму.

На подальших етапах оптимізації мережі моніторингу підземних вод у басейні доцільним буде включення до існуючої мережі моніторингу нових спостережних свердловин. Необхідно також періодично (один раз на рік) контролювати стан законсервованих свердловин, які на наступних етапах оптимізації мережі моніторингу можуть бути використані для подальших режимних спостережень.

Всі етапи оптимізації мережі моніторингу підземних вод у басейні рекомендується створювати з використанням сучасних цифрових геоінформаційних систем (з формуванням бази даних відповідної інформації, комплексом технічних і програмних засобів для вводу, накопичення, збереження та обробки інформації спостережень за змінами рівнів і хімічного складу підземних вод у часі та просторі, сітьовою мережею) та імітаційного моделювання гідрогеологічних умов території. Це дасть змогу остаточно оптимізувати методіку і мережу моніторингу підземних вод шляхом вибору з багатоваріантних моделей з урахуванням конкретних гідрогеологічних процесів, а також прогнозуванням їх розвитку на перспективу.

В результаті створення такої системи можна розв'язати важливі проблеми:

- накопичення та системний аналіз інформації про гідрогеологічні умови басейну, чинники впливу на підземні води та просторові зміни, що відбуваються в підземних водах за час розвідки та видобування корисних копалин;
- уніфікацію системи локального моніторингу підземних вод з іншими складовими моніторингу навколишнього середовища та державною системою його моніторингу в цілому.

Висновки. Проведеними дослідженнями в районі перспектив освоєння сланцевого газу виділено і закартовано сучасні активні тектонічні лінеamenti різного рангу і пов'язані з ними зони тріщинуватості та тектонічного дроблення, що

створюють зони крізьформаційної проникності. Гідророзриви пластів на об'єктах видобування сланцевого газу із силурійських чорних сланців Волино-Поділля, перспективи яких обґрунтовані українськими геологами, можуть призводити до екологічно небезпечних явищ: проникнення у верхні водоносні горизонти і на поверхню технологічних розчинів і газу. Ці процеси можуть спричинити не тільки екологічно небезпечні явища, а й відчутні втрати вуглеводнів, що видобуватимуться.

Крім того, за аналізом тектонічних розривних порушень та інших природних каналів дегазації і міграції та оцінкою їх проникності у природних умовах виділено охоронні зони, зокрема системи водозаборів, місцевих агломерацій, де не слід проводити роботи з видобування сланцевого газу.

Аналіз розміщення сучасної мережі спостережень за підземними водами засвідчив необхідність її цільової оптимізації під час проведення робіт з освоєння ресурсів сланцевого газу з урахуванням стану видобувних робіт, розміщення об'єктів водопостачання та режиму підземних вод.

З метою вдосконалення системи гідроекологічного моніторингу підземних вод запропоновано шляхи поетапної оптимізації існуючої мережі спостережень у вигляді одного поздовжнього регіонального профілю, що проходить з північного заходу на південний схід басейну перспективного видобутку сланцевого газу, та поперечних, що проходять з південного заходу на північний схід.

1. *Багрій І.Д.* Досвід прогнозування розломних зон підвищеної проникності // *Нафт. і газ. пром-ть.* – 2002. – № 3. – С. 3–7.
2. *Багрій І.Д.* Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач / *І.Д. Багрій; гол. ред. В.М. Палій.* – К.: Ін-т геол. наук. НАН України, 2003. – 149 с.
3. *Багрій І.Д.* Розробка геолого-структурно-термоатмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоекологічного стану довкілля. – К.: Логос, 2013. – 511 с.
4. *Гурский Д.С.* Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины / *Д.С. Гурский, В.А. Михайлов, П.М. Чепиль и др.* // *Мінеральні ресурси України.* – 2010. – № 3. – С. 3–8.
5. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів України.* Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон / *Ю.З. Крупський, І.М. Куровець, Ю.М. Сеньковський, В.А. Михайлов, В.П. Чепіль.* – К.: Ніка-Центр, 2013. – 400 с.
6. *Куровець І.М.* Перспективи газоносності та прогнозні ресурси сланцевого газу родових комплексів силуру Волино-Поділля (Україна) / *І.М. Куровець, Ю.З. Крупський, В.П. Чепіль* // *Геологія і геохімія горючих копалин.* – 2014. – № 1–2. – С. 20–23.
7. *Лукин А.Е.* Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // *Геол. журн.* – 2010. – № 3. – С. 17–32.

Надійшла до редакції 07.05.2015 р.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОСВОЕНИЯ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА НА ВОЛЫНО-ПОДОЛЬЕ

И.Д. Багрий, В.П. Чепиль, К.Н. Стародубец

Институт геологических наук НАН Украины, ул. О. Гончара, 55б, Киев 01054, Украина,
e-mail: bagrid@ukr.net, starodubets.kirill@ukr.net

Современные технологии разработки сланцевого газа базируются на гидравлическом разрыве пласта, использование которого несет в себе многочисленные экологические риски для окружающей среды. В результате таких работ на перспективной территории Волыно-Подолья могут проявляться неблагоприятные экологические процессы, а именно загрязнение подземных источников питьевой воды, проникновение на поверхность технологических растворов и газа, активизация техногенных землетрясений и сдвигов. С целью их предупреждения проведены работы по выявлению и картированию участков экологических рисков. Выделены охранные зоны, в частности системы водозаборов, местных агломераций и др. Предложены пути поэтапной оптимизации существующей сети наблюдений в виде одного продольного регионального профиля северо-западного простиранья и нескольких поперечных, которые будут проходить с юго-запада на северо-восток.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, сланцевый газ, подземные воды, сети мониторинга, оптимизация.

ECOLOGICAL MONITORING PROBLEMS OF THE SHALE GAS DEVELOPMENT IN THE VOLYNO-PODILLYA REGION

I. Bagriy, V. Chepil, K. Starodubets

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55b Gonchara Str., Kyiv 01054, Ukraine,
e-mail: bagrid@ukr.net, starodubets.kirill@ukr.net

Purpose. The purpose of the paper is to study and map of the areas with enhanced environmental hazards of Volyno-Podillya, where gas production is not recommended; to develop optimization stages for the existing network of hydroecological monitoring of the given area.

Design/methodology/approach. The studies were conducted using structural-thermo-atmo-geochemical method that allows selecting and mapping zones of high fracturing rocks.

Findings. We defined and mapped modern active tectonic lineaments of various rank and related areas of tectonic fractures and crushing which create zones of formational permeability. We also defined conservation areas, such as water intake systems and local agglomerations, where work on shale gas production is not recommended. Special attention was given to river areas confined to zones of faults and decompression of the rocks. The authors propose, while choosing the objects of further geological exploration for shale gas, give special consideration to the selected areas of environmental risk. The analysis of installing a modern groundwater monitoring network showed to optimize works for the development of shale gas resources with regard to the state of the mining works, water placement, and the groundwater regime.

Practical value/implications. Implementation of the proposed optimization of the environmental monitoring system would significantly reduce the risk of environmental effects of shale gas development in the Volyno-Podolia. The exact prediction of various ecological processes is possible only after the optimization of the existing monitoring network using geographic information systems and simulation of hydrogeological conditions of the territory.

Keywords: technogenic load, shale gas, groundwater, monitoring networks, optimization.

References:

1. Bagriy I.D. *Dovid prohnozuvannya rozlomnykh zon pidvyshchenoi pronyknosti* [Experience of prediction of the fault zones of high permeability]. *Naftova i hazova promyslovisht*, 2002, no. 3, pp. 3-7.
2. Bagriy I.D. *Prohnozuvannya rozlomnykh zon pidvyshchenoi pronyknosti hirs'kykh porid dlya vyrishennya heoekolohichnykh ta poshukovykh zadach* [Prediction of the fault zones of high permeability of rocks to solve geoecological and searching tasks]. Kyiv, *Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine*, 2003, 149 p.
3. Bagriy I.D. *Rozrobka heoloho-strukturno-termo-atmoheokhimichnoyi tekhnolohiyi prohnozuvannya poshukiv korysnykh kopalyn ta otsinky heoekolohichnoho stanu dovkillya* [Development of the geological and structural thermo-atmo-geochemical prediction technology of mineral resources searching and estimation of the geoecological state of environment]. Kyiv, *Logos*, 2013, 511 p.
4. Gurskij D.S., Mihajlov V.A., Chepil' P.M. *Slantsevyi gaz i problemy energoobespecheniya Ukrainy* [Shale gas and Ukraine's energy supply problems]. *Mineralni resursy Ukrainy*, 2010, no. 3, pp. 3-8.
5. Krupskiy Yu.Z., Kurovets I.M., Senkovskiy Yu.M., Mykhailov V.A., Chepil V.P. *Netradytsiini dzherela vuhlevodniv Ukrainy. Knyha 2. Zakhidnyi naftohazonosnyi rehion* [Nontraditional sources of hydrocarbons in Ukraine. Book 2. Western oil and gas region]. Kyiv, *Nika-Centr*, 2013, 400 p.
6. Kurovec' I., Krupskij Ju., Chepil' V. *Perspektyvy hazonosnosti ta prohnozni resursy slantsevoho hazu porodnykh kompleksiv syluru Volyno-Podillya (Ukrayina)* [Prospects for gas content and expected resources of shale gas in silurian rock complexes of Volyno-Podillya (Ukraine)]. *Geology and geochemistry of combustible minerals*, 2014, no. 1-2, pp. 20-23.
7. Lukin A.E. *Slancevyi gaz i perspektivy ego dobychi v Ukraine. Stat'ja 1. Sovremennoe sostojanie problemy slancevogo gaza (v svete opyta osvoinija ego resursov v Soedinennykh Shtatakh Ameriki)* [Shale gas and the prospects of its production in Ukraine. Article 1. Current status of shale gas problem (in the light of experience of its resources development in USA)]. *Geological journal*, 2010, no. 3, pp. 17-32.

Received 07/05/2015