

практичної конференції Екологічні проблеми нафтогазового комплексу, НІЦ "Екологія Наука Техніка", Київ-2007, с. 28-30

8 Дригулич П. Г., Пукіш А. В. Проблеми урбанізованих територій під час розробки нафтогазових родовищ (на прикладі міста Борислава) //Нафтогазова галузь України. – 2013. – №. 2. – С. 44-49.

9 Купер І. М. Деякі напрямки стабілізації видобутку нафти в Україні //Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2015. – №. 3. – С. 7-10.

10 Михалевич Л.В. Нафтові вершини Бориславського вуглеводневого басейну [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.wuogr.com.ua/novinu/naftovi-vershini-borislavskogo-vuglevodneвого-basaynu>

11 Redagowal K. Tolwinski. Kopalnie nafty i gazow ziemnych w Polsce / Tom I. Brzezne Karpaty Wschodnie. – Warszawa-Boryslaw-Lwow, 1929, – S. 17-24.

12 Куровець І.М., Грицик І.І., Зубко О.С., Дригулич П.Г. До причин деформації обсадних колон у Бориславсько-Покутській зоні Карпат//Нафтова і газова промисловість.-2012, №1 - С.21-24.

13 Friedl K. Das Erdolgebiet von Mrazniza in Polen. - Petroleum. Jahrg. XXV. Wien, 1929. – S. 21-26.

14 В.Г. Осадчий, В.В. Колодій, О.А. Приходько, І.І. Грицик, В.І. Пуцило, П.Г. Дригулич. Нафтогазовий комплекс та техногенно-екологічна безпека Західних областей України // Проблеми економії енергії. – Львів: ДУ „Львівська політехніка”, 1999. – С.326–327.

15 В. В. Колодій, О. А. Приходько, П. Г. Дригулич. Техногенно-екологічна безпека експлуатації нафтогазових родовищ // Проблеми економії енергії. – Львів: ДУ „Львівська політехніка”, 1999. – С. 328–330.

© А. В. Пукіш,
П. Г. Дригулич

*Надійшла до редакції 20 листопада 2017р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УДК 553.98/504.43:504.4.054

*Д. В. Дядін¹, М. Ю. Журавель², П. В. Клочко²,
М. С. Бориць², В. В. Яременко³*

*¹Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,*

²ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс ЛТД»

*³Спільне підприємство «Полтавська
газонафтова компанія»*

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ПІДЗЕМНІ ВОДИ НА ДІЛЯНЦІ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОРОЗРИВУ ПЛАСТА

Досліджено стан підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту на ділянці проведення гідророзриву пласта (ГРП) у свердловині 103Р Руденківського родовища Східного нафтогазоносного басейну. Спостереження, проведені до і після гідророзриву показали відсутність ознак забруднення ґрунтових вод компонентами рідин ГРП та зворотних вод. Вплив на бучацький водоносний горизонт, з якого відбирали воду для операцій ГРП, визнаний суттєво обмеженим за терміном і величиною відбору наявних запасів.

Ключові слова: гідророзрив пласта, підземні води, забруднення, оцінка впливу, рідини гідророзриву, зворотні води

Shallow groundwater conditions in the vicinity of hydraulic fracturing (HF) operations provided on the well 103R (Rudenkivske field, Eastern oil-gas-bearing basin) have been investigated.

Observations carried out before and after HF procedure have shown no signs of groundwater pollution by the components of HF fluids and flowback water. The impact on the Buchak aquifer, from which water for HF was abstracted, have been estimated as significantly low by the duration and water volumes taken.

Keywords: hydraulic fracturing, groundwater, pollution, impact assessment, hydrofracking fluids, flowback water

Постановка проблеми. Технологія гідророзриву пласта (ГРП) (hydraulic fracturing, fracking) останнім часом набула значного розвитку в нафтогазовидобуванні на суші. Вона є основним методом видобування так званих нетрадиційних типів природного газу (газу сланцевих товщ, газу в ущільнених пісковиках), і також часто використовується для інтенсифікації припливу природного газу з традиційних покладів у разі невисокої проникності газоносних порід-колекторів. Згідно даних Державної служби геології та надр на території України поклади нетрадиційного газу (сланцевих товщ та центрально-басейнового типу) розвідані на 45 родовищах, найкрупнішими з яких є Олеська площа у Західному нафтогазозносному басейні на Прикарпатті та Юзівська площа у Східному нафтогазозносному басейні у Дніпровсько-Донецькій западині [6].

Величини розвіданих запасів нетрадиційних типів природного газу України в офіційних статистичних щорічниках, що складаються Державним науково-виробничим підприємством «Геоінформ України», окремо не наводяться. Різні вітчизняні та зарубіжні експерти оцінюють їх у дуже широкому діапазоні – від 1 до 30 трлн м³, залежно від методів оцінювання [7]. Попри відсутність консенсусу у питанні величини запасів, перспективність нетрадиційних видів газоносних товщ у Західному та Східному нафтогазозносних басейнах доводять у своїх роботах досвідчені українські науковці [1, 9, 15]. Зокрема, сланцеподібні аргіліти, ущільнені алевроліти та пісковики, які є перспективними на пошуки нетрадиційного газу, розвинуті у верхньодевонських та кам'яновугільних товщах у центральній та південно-східній частинах Дніпровсько-Донецької западини [2].

Не дивлячись на перспективність у геологічному відношенні, розвиток видобування нетрадиційного природного газу в Україні наразі зазнає певних обмежень із економічних причин [8] та низької інвестиційної привабливості на фоні військових дій на сході країни. Саме тому, наприклад, були згорнуті проекти освоєння великої Юзівської ділянки компанією Шелл Юкрейн у 2014 році. Тим не менше, застосування гідророзриву пласта як технології інтенсифікації припливу газу до експлуатаційних свердловин здійснювалося і продовжує здійснюватися багатьма видобувними компаніями, що розробляють поклади традиційного типу в ущільнених колекторах [11, 14]. На окремих родовищах доцільним є відновлення старих свердловин, ліквідованих ще за радянських часів з причин невисокої газовіддачі, та повернення до їх експлуатації методом гідророзриву. Важливо підкреслити, що у цих випадках технологія ГРП не передбачає буріння довгих горизонтальних стовбурів довжиною до 2000 м, як це відбувається під час розробки сланцевого газу. Операції ГРП відбуваються у вертикальній частині стовбуру свердловини або у похило-спрямованій його частині довжиною десятки метрів, іноді перші сотні м. Це передбачає помітно нижчі робочі тиски, менші об'єми використання технологічних рідин ГРП, пропантів та води для досягнення бажаного результату. У Східному басейні глибини залягання таких покладів становлять 3000–4000 м. Звичайно, що за таких умов масштаби потенційного впливу на навколишнє середовище та ризики забруднення водоносних горизонтів у зоні вільного водообміну мають бути значно меншими у порівнянні з ділянками видобування сланцевого газу.

У будь-якому випадку операції ГРП є потенційно небезпечними для навколишнього середовища та потребують всебічної оцінки впливу на компоненти довкілля і визначення можливих наслідків цього впливу. Як свідчить світова практика, використання ГРП для видобування сланцевого газу у деяких країнах викликає серйозне

занепокоєння та опір з боку суспільства, а іноді і заборону з причин можливого негативного впливу на довкілля [21, 24].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На цьому фоні останніми роками проводиться багато досліджень впливу на довкілля процесів ГРП під час видобування сланцевого газу, насамперед на території США [23]. Основними аспектами, що досліджуються, є забруднення підземних і поверхневих вод внаслідок витоків робочих рідин ГРП та зворотних вод, які повертаються на поверхню землі на стадії завершення ГРП. Останні є зазвичай високомінералізованими флюїдами з мінералізацією від 60 до 250 мг/л, які фактично є сумішшю пластових вод продуктивних горизонтів та рідин ГРП із відповідними хімічними реагентами. Найбільш типовими компонентами-забрудниками у складі рідин ГРП виступають біоциди (альдегіди), гуарова камедь, складні сполуки натрію, поверхнево-активні речовини тощо, а у складі зворотних вод присутні компоненти пластових вод (хлориди, натрій, бром, бор, стронцій) у високих концентраціях [18, 25]. Багато дослідників наголошують на проблемі збереження водних ресурсів, оскільки виконання ГРП потребує значних об'ємів прісної води – від 1000 до 26000 м³ на свердловину залежно від геологічних умов та технологічних показників видобутку [19, 23, 25].

Найближчі до України приклади зі схожими умовами геологічної будови та нафтогазоносності можна зустріти у Польщі, де останніми роками освоюються Балтійський та Люблінський басейни сланцевого газу на північному сході країни [20]. На одному з родовищ у Померанії, де здійснювався ГРП у свердловинах на глибині близько 4000 м з довжиною горизонтального стовбуру до 1000 м, проводили моніторинг підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту, який не виявив впливу на рівні води та її хімічний склад [22]. Щоправда, спостережні свердловини у цьому дослідженні розташовувалися на значній відстані – не менше 500 м від майданчика ГРП, що ускладнює оперативне виявлення забруднення ґрунтових вод, якщо таке відбувалося.

Провідні українські експерти у сфері охорони довкілля та нафтогазовидобування звісно також занепокоєні ризиками, що виникають під час видобування нетрадиційних вуглеводнів. З огляду на існуючі перспективи розвитку цієї галузі в Україні, ціла низка фахівців у своїх роботах висвітлює різні аспекти впливу на довкілля видобування нетрадиційного, у тому числі сланцевого, газу в Західному (Карпатському) та Східному (Дніпровсько-Донецькому) басейнах [1, 12, 17]. Серед цих аспектів найчастіше обговорюються ризики поступового забруднення питних водоносних горизонтів, що залягають вище зон гідророзриву через проникні зони у геологічній товщі. Наприклад, у межах Юзівської площі в Харківській області доводиться наявність зон підвищеної тріщинуватості у вигляді сітки розломів, якими можуть мігрувати рідини ГРП вгору за розрізом [16]. Орієнтовний час висхідної міграції рідин ГРП по відносно проникних тектонічних зонах може сягати від перших років до десятків років, а крізь суцільний породний масив – від десятків до сотень років, що може призвести до довготривалого забруднення підземних вод зон уповільненого та активного водообміну [10].

При цьому, слід визнати, що більшість з опублікованих вітчизняних робіт містить лише загальні огляди можливих джерел і шляхів забруднення довкілля, а також теоретичний аналіз ризиків від видобування нетрадиційного газу. У цих питаннях бракує практичного досвіду в проведенні оцінки впливу від операцій ГРП на стан природних вод, ґрунтів та інших компонентів довкілля, у виборі індикаторів забруднення та визначенні регламенту проведення спостережень. При цьому, особливої уваги потребують наземні об'єкти на майданчику ГРП як джерела забруднення неглибоких водоносних горизонтів у разі ненадійної гідроізоляції амбарів та ємностей для приготування рідин ГРП, недбалого поводження з хімічними реагентами на майданчику. Саме на такі джерела впливу були спрямовані дослідження, результати яких представлені у цій роботі.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було оцінити вплив операцій гідророзриву пласта на стан і якість підземних вод першого від поверхні водоносного

горизонту (грунтових вод) та водоносного горизонту, з якого відбиралася вода для ГРП, на прикладі свердловини № 103Р Руденківського родовища.

Завдання, що поставлені у дослідженні:

- проаналізувати хімічний склад та ступінь екологічної небезпеки рідин ГРП та зворотних вод, що повертаються зі свердловини під час операцій ГРП;
- визначити компоненти флюїдів ГРП, які доцільно використовувати як показники забруднення для екологічного моніторингу;
- провести спостереження за станом підземних вод першого від поверхні четвертинного водоносного горизонту та бучацького горизонту, з якого відбиралася вода для ГРП, та оцінити наявність змін після проведення ГРП;
- зробити висновки щодо наявності впливу від проведених операцій ГРП на стан і якість підземних вод на території досліджень.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом досліджень виступала ділянка свердловини 103Р Руденківського нафтогазоконденсатного родовища у Полтавській області, на якій здійснювалася операція ГРП з червня по серпень 2013 року. Свердловиною розкрито продуктивний горизонт в девонських пісковицях в інтервалі 3600–4000 м. Глибина свердловини по стовбуру з урахуванням відхилення від устя становить 4641 м. Операції ГРП здійснювалися у 10 етапів у похило-спрямованій частині стовбуру довжиною близько 900 м.

Потенціально небезпечними з точки зору забруднення підземних вод технологічними об'єктами на майданчику проведення ГРП загальною площею 6 га виступали: ділянка складування хімреагентів, 4 гідроізолювані поліетиленовою плівкою амбари по 460 м³ для приймання та тимчасового зберігання флюїдів при випробуванні свердловини, 3 гідроізолювані шламові амбари по 300 м³ для збору піску і шламу, факельний амбар об'ємом 200 м³, ділянки зберігання сипучих хімічних реагентів.

Для оцінки впливу на підземні води від наземних об'єктів на майданчику ГРП були споруджені дві спостережні свердловини №21 і 22 глибиною 14 м кожна безпосередньо під обвалуванням майданчику на відстані 10–30 м від джерел забруднення, розташованих на майданчику. Крім того, до досліджень була залучена спостережна свердловина №18 із режимної мережі моніторингу на родовищі, в якій відбувається регулярний щоквартальний відбір проб з 2010 року. Ця свердловина розташована у руслі локального басейну стоку нижче майданчика ГРП за потоком ґрунтових вод на відстані 150 м (рис. 1).

Спостережними свердловинами був розкритий перший від поверхні безнапірний водоносний горизонт у четвертинних суглинках та супісках на глибині 4–5 м, напрямки потоку якого фактично визначаються рельєфом та збігаються з напрямками поверхневого стоку. Виходячи з абсолютних відміток рівнів ґрунтових вод у свердловинах, основні напрямки потоку спрямовані на схід, південний-схід та південь від майданчика ГРП, а градієнти потоку ґрунтових вод становлять 0,008–0,01.

Основним джерелом водопостачання під час ГРП на свердловині №103Р були дві водозабірні свердловини № 293 і № 294 (див. рис. 1), що експлуатували підземні води бучацького водоносного горизонту у пісках косянецької світи еоцену на глибині 100 м. Протягом повного комплексу робіт з ГРП в період за три місяці було відібрано 7330 м³ води, з яких безпосередньо для приготування рідин ГРП використано 4500 м³, а решта – на обслуговування обладнання на поверхні та господарсько-побутові потреби. Відпрацьовані розчини ГРП у суміші з пластовими водами (зворотні води) після обробки на установці підготовки вод прямували до скидної свердловини, де закачувалися до тріасового горизонту за технологією утилізації звичайних супутніх пластових вод, яка використовується на родовищі.

Територія навколо майданчика ГРП представлена сільськогосподарськими угіддями, а найближча житлова забудова сільського типу розташована на захід та північ від майданчика на відстані 1200 м (див. рис. 1). У більшості населених пунктів прилеглої території організовано централізоване водопостачання з водозабірних свердловин, що

видобувають підземну воду також із бучацького водоносного горизонту на глибині 100 м. Крім цього, місцеві мешканці повсюдно користуються приватними колодзями та неглибокими свердловинами на ґрунтові води для потреб підсобного господарства.

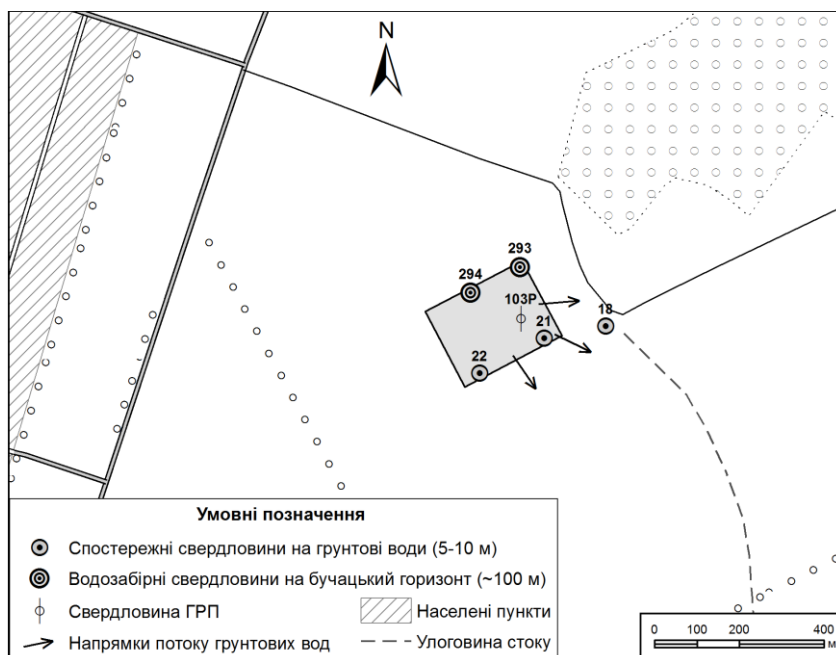
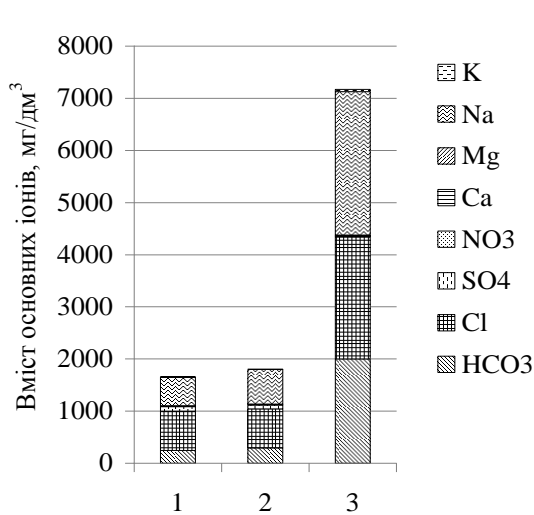


Рис. 1. Схема розташування майданчика ГРП та спостережних свердловин

У даному дослідженні використано дані, отримані авторами під час екологічного моніторингу, що проводився на території діяльності СП ПГНК на постійній основі компанією ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД». Польові вимірювання фізико-хімічних показників підземних вод (температури, електропровідності, рН та окислювально-відновного потенціалу) здійснювалися *in situ* з використанням портативних приладів Hanna Instruments 98121, 98130. Прокачування спостережних свердловин і відбирання проб підземних вод здійснювалися відповідно вимог ДСТУ 5667-11:2005 [4]. Лабораторні дослідження вмісту розчинених солей у підземних водах виконувалися в атестованій лабораторії Науково-технологічного комплексу «Інститут Монокристалів» (м. Харків) за стандартними методиками.

Для з'ясування складу забрудників, що можуть потрапляти до підземних вод, були проаналізовані складові розчинів ГРП. Фактично, розчини ГРП є сумішшю води (92–95%), піску та пропанту (4–7%) і хімічних реагентів (~1%). Хімічний склад підземної води бучацького водоносного горизонту, яка використовувалася для приготування рідин ГРП, є хлоридним натрієвим з мінералізацією близько 2000 мг/дм³, дуже низьким вмістом кальцію і магнію (загальна жорсткість – 1–1,5 мг/дм³) і слаболужними умовами (рН – 8,0–8,5). За територією досліджень такий саме склад фіксується і в інших водозабірних свердловинах, що експлуатують бучацький горизонт у населених пунктах та на промислових об'єктах [5]. Робоча рідина ГРП характеризується також хлоридним натрієвим складом, але з помітно вищою мінералізацією – до 7000 мг/дм³ і більш високим рН – до 9,5 за рахунок додавання хімічних реагентів. Із інших компонентів, що досліджувалися у складі вод, у рідині ГРП помітно підвищуються концентрації калію та стронцію у порівнянні з вихідною водою (рис. 2).

Для виявлення безпосереднього впливу на стан ґрунтових вод від наземних споруд на майданчику ГРП проби зі спостережних свердловин відбиралися до проведення операцій ГРП (у лютому-травні 2013 р.), під час (у липні 2013 р.) та після їхнього завершення (у вересні-жовтні 2013 р.). По закінченню всіх технологічних робіт спостережні свердловини на майданчику були ліквідовані, оскільки площа майданчика планово скорочувалася та підлягала рекультивативі. У свердловині №18 з режимної мережі моніторингу спостереження продовжувалися і в наступні роки.



№	Вміст другорядних і мікрокомпонентів у воді, мг/дм ³				pH
	NO ₃	K	Sr	Li	
1	2,5	5,2	0,25	0,02	8,22
2	1,17	8,0	0,76	0,021	8,93
3	0,5	43,0	5,0	0,008	9,48
ГДК [3]	50	–	7,0	0,03	6,5–8,5

1 – водозабір на свердловина на буцацький горизонт у найближчому населеному пункті (1500 м від майданчику ГРП);
 2 – водозабірні свердловини на буцацький горизонт на майданчику ГРП;
 3 – робоча рідина ГРП

Рис. 2. Порівняння хімічного складу робочої рідини ГРП та підземних вод

Аналіз вмісту основних індикаторів забруднення від рідин ГРП – хлоридів, натрію, калію і стронцію – показав, що під час проведення операцій ГРП та протягом трьох місяців після їх завершення не виявлено ознак витоків технологічних рідин та забруднення ними першого від поверхні водоносного горизонту. Свердловина №22 на майданчику ГРП характеризувалася підвищеними концентраціями хлоридів і натрію (на рівні 1–2 ГДК для питних вод), але такі ж рівні цих іонів спостерігалися в ній і до початку операцій ГРП. Зважаючи на те, що в цій свердловині також постійно фіксувалися підвищені концентрації сульфатів і нітратів протягом всіх спостережень, можливим є вплив сторонніх джерел забруднення ґрунтових вод на цій ділянці, з боку населених пунктів. Всі чотири компоненти (Cl, Na⁺, K⁺, Sr²⁺) у свердловинах після завершення ГРП залишилися на тих же рівнях, на яких перебували до його початку (рис. 3).

Динаміка змін досліджених показників у свердловині №18, що розташована на відстані 150 м від майданчика ГРП, також вказує на відсутність будь-яких помітних зростань концентрацій, навіть протягом наступних двох років (рис. 4).

Іншим об'єктом наших досліджень виступила ділянка скидання зворотних вод ГРП у надра через поглинальну свердловину, розташована на відстані 8400 м від майданчика ГРП. Біля устя поглинальної свердловини, де можливі витoki зворотних вод, також контролювався стан першого від поверхні водоносного горизонту на глибині 17 м від поверхні землі у спостережній свердловині (рис. 5).

Аналогічно результатам, отриманим по свердловинам на майданчику ГРП, на цій ділянці не виявлено будь-яких підвищень вмісту досліджених показників за весь період спостережень. Деякі окремі коливання вмісту калію у підземних водах цілком ймовірно пов'язані із впливом сільськогосподарської діяльності, яка здійснюється на прилеглий території, зокрема внесення мінеральних добрив. Відсутність будь-яких помітних зростань у концентраціях всіх показників свідчить про відсутність витоків рідин, що закачувалися у глибокі горизонти.

У нашій роботі не оцінювалися ризики потрапляння рідин ГРП із зони гідророзриву до водоносних шарів, що залягають вище за розрізом. Перекритість горизонту гідророзриву потужною 3500-метровою товщею перешарування осадових порід, унеможлиблює пряму висхідну фільтрацію рідин гідророзриву або супутніх пластових вод до глибин розташування питних водоносних горизонтів палеогену в 0–200 м від поверхні землі. Навіть за умов наявності у розрізі зон підвищеної проникності, обумовлених розломами, швидкості висхідної фільтрації становитимуть десятки і сотні років [10, 16, 17], але ознаки таких довгострокових змін неможливо відстежити протягом наших короткочасних спостережень.

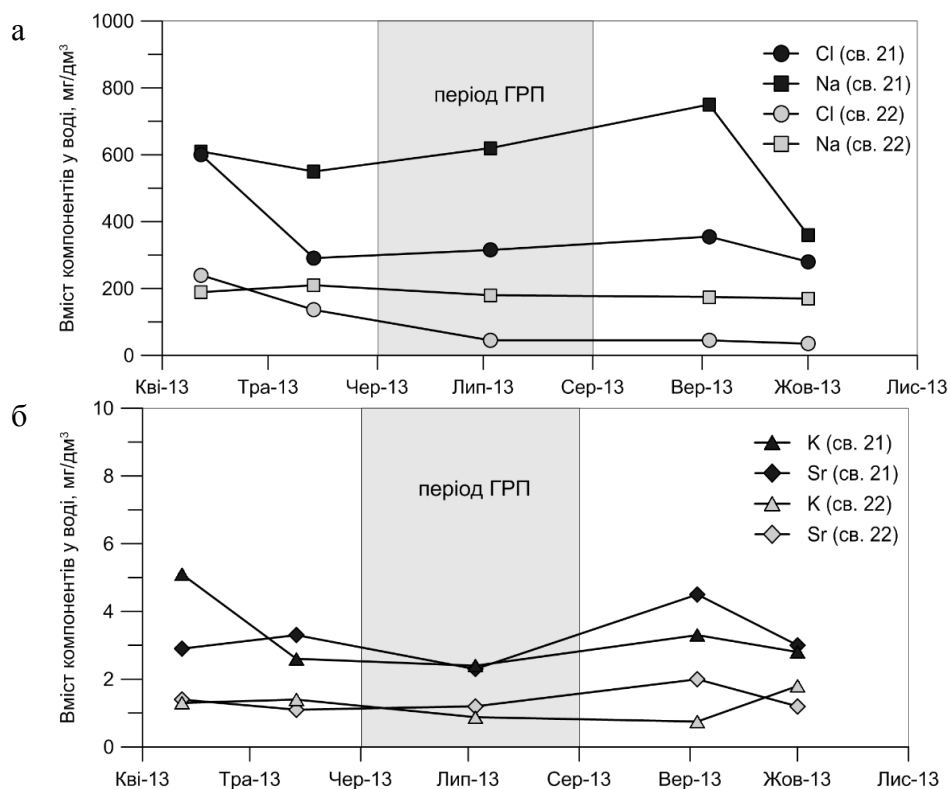


Рис. 3. Вміст окремих компонентів у ґрунтових водах зі спостережних свердловин на майданчику ГРП (а – хлориди та натрій, б – калій та стронцій)

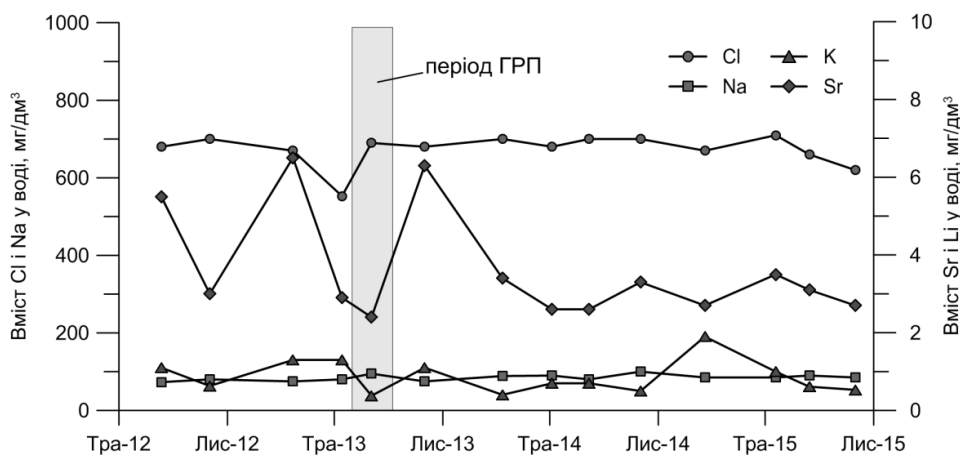


Рис. 4. Вміст окремих компонентів у ґрунтових водах зі спостережної свердловини, розташованій на 150 м нижче за потоком ґрунтових вод від майданчика ГРП

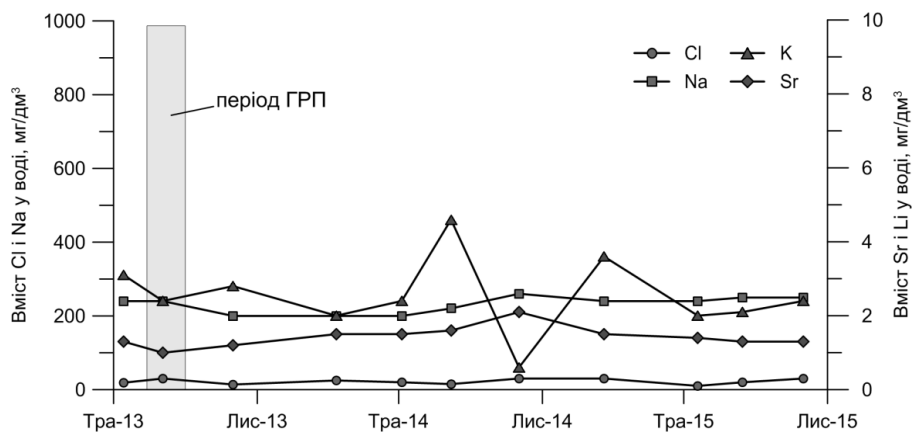


Рис. 5. Вміст досліджених компонентів у спостережній свердловині на ділянці скидання зворотних вод ГРП у поглинальну свердловину

Досліджені ділянки підземних вод бучацького горизонту належать до Кобеляцького родовища підземних вод, затверджені запаси по якому становлять 12 тис. м³/добу, з яких на категорію А припадає 7,2 тис. м³/добу. Цей горизонт повсюдно експлуатується водозабірними свердловинами централізованого водопостачання в населених пунктах. Для оцінки можливого впливу на гідродинамічний режим горизонту внаслідок відбирання води на потреби ГРП ми визначили зниження рівня напору у пласті (глибина депресійної воронки) та зниження рівня води в свердловинах за формулою Тейса-Джейкоба:

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r^2},$$

де S – зниження рівня (м); Q – дебіт свердловини (м³/добу); k , m , a – коефіцієнт фільтрації (м/добу), товщина (м), коефіцієнт п'єзопровідності (м²/добу) водоносного горизонту; r – радіус експлуатаційної колони свердловини (м), t – розрахунковий час експлуатації свердловини.

За період проведення ГРП (69 діб) усереднений дебіт водозабірних свердловин на майданчику ГРП становив 106 м³/добу, що призвело, згідно розрахунків, до зниження у стовбурі свердловини всього на 3,9 м та глибини депресійної воронки у пласті не більше 1,1 м (табл. 1).

Таблиця 1

Гідродинамічні показники відбору підземних вод із бучацького горизонту

Водозабір	К-сть свердловин	Сумарний дебіт, м ³ /добу	Зниження рівня у свердловині, м	Глибина депресійної воронки	% запасів горизонту
Св-на 103Р для ГРП	2	106	3,9	1,1	0,88
Драбинівський	2	102	11	1,1	0,85
Соколовобалківський	6	425	11–23	4,5	3,54
Царичанський	19	860	17	9	7,17
Кобеляцький	10	1520	32	15,9	12,7

Відбір підземних вод при виконанні ГРП становив 0,88% від затверджених експлуатаційних запасів Кобеляцького родовища. Повне відновлення рівнів підземних вод і запасів використаної води для ГРП відбулося у пласті відразу після припинення роботи водозабору. Для порівняння ми оцінили такі ж показники для групових водозаборів у населених пунктах, розташованих на території району, за даними Облікових карток експлуатаційних свердловин Державного водного кадастру підземних вод (див. табл.). Результати оцінки свідчать, що в даних гідрогеологічних умовах групові водозабори населених пунктів району, які працюють у межах дозволених паспортних лімітів водовідбору, створюють значно помітніші впливи на зниження п'єзометричних рівнів бучацького горизонту.

Висновки та перспективи досліджень. Дослідження на ділянці свердловині 103Р Руденківського родовища при виконанні ГРП у 2013 році, показали відсутність ознак забруднення першого від поверхні четвертинного горизонту такими компонентами рідин ГРП, як хлориди, натрій, калій та стронцій. Встановлено, що тимчасовий вплив на гідродинамічний режим бучацького водоносного горизонту та величину його запасів від забору води для потреб ГРП був мінімальним.

Враховуючи, що ГРП як метод інтенсифікації дебіту свердловин останнім часом значно поширюється для розробки покладів газу традиційного типу, проведений комплекс досліджень є цілком актуальним для запровадження на інших родовищах України. Він має бути доповнений оцінкою впливу ГРП на більш глибокі водоносні горизонти, яка потребує більш складних та довгострокових досліджень.

Література

- 1 Боднарчук В. С. Перспективи пошуків та розвідки газу з нетрадиційних колекторів у Західному бітумонафтогазоносному регіоні України. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2013. № 1. С. 22–36.
- 2 Вакарчук С. Г., Довжок Т. Є., Філюшкін К. К., Вертюх А. М. Стратиграфічна приуроченість, літологічна характеристика та територіальна поширеність осадових відкладів палеозою, перспективних на пошуки газу нетрадиційного типу у Східному регіоні України. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2012. Вип. 5. С. 174–178.
- 3 Державні санітарні норми та правила 2.2.4-171-10 «Санітарно-гігієнічні вимоги до води питної»: від 12.05.2010 р. № 400. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 15.11.2017).
- 4 ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод (ISO 5667-11:1993, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 15 с.
- 5 Дядин Д. В., Клочко П. В., Голик Ю. С., Яременко В. В. Организация мониторинга подземных вод на территории деятельности СП «Полтавская газонефтяная компания» (Полтавская область, Украина): *Современные научные исследования: инновации и опыт: материалы XVII-XVIII междунар. научн.-практ. конф.*, (г. Екатеринбург, Россия, 04–05 декабря 2015 г.). Екатеринбург, 2015. С. 11–17.
- 6 Інтерактивна карта ділянок надр, на які надані спецдозволи на користування надрами. *Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України»*. URL: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm> (дата звернення 12.11.2017).
- 7 Кизим М. О., Лелюк О. В., Черкаський І. Б. Методичні положення з оцінки перспективи видобутку нетрадиційного природного газу в Україні. *Проблеми економіки*. 2013. № 4. С. 21–33.
- 8 Кизим Н. А., Салашенко Т. И., Борщ Л. М. Перспективы укрепления энергетической безопасности Украины путем развития нетрадиционной газодобычи. *Проблеми економіки*. 2016. № 2. С. 34–43.
- 9 Лукин А. Е. Перспективы сланцевой газоносности Днепроовско-Донецкого авлакогена. *Геологічний журнал*. 2009. № 1. С. 21–41.
- 10 Лялько В. І., Азімов О. Т., Яковлев Є. О. Прогнозне оцінювання потенційного забруднення підземної гідросфери у зв'язку з видобутком нетрадиційних вуглеводнів (з використанням дистанційних даних). *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. № 14. С. 12–16.
- 11 ПАТ «Укргазвидобування». Офіційний веб-сайт. URL: <http://ugv.com.ua/> (дата звернення 13.11.2017).
- 12 Римар М. В., Краєвська А. С., Дулин І. С. Екологічна безпека видобування сланцевого газу в Україні. *Регіональна економіка*. 2012. №4. С. 109–114.
- 13 Рудько Г. І., Савлущинський О. М. Екологічна безпека навколишнього середовища на різних стадіях освоєння родовищ сланцевого газу: *Екогеофорум-2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Івано-Франківськ, 22–25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 203–205.
- 14 СП Полтавська газонафтова компанія. Офіційний веб-сайт. URL: <http://www.ppc.net.ua/uk/> (дата звернення 13.11.2017).
- 15 Терещенко В. А. Перспективы освоения нетрадиционного газа на разрабатываемых месторождениях Днепроовско-Донецкой впадины. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2013. № 1049, вип. 38. С. 68–72.
- 16 Яковлев В. В., Ананьев С. Н. Глобальная трещиноватость Юзовской площади и ее гидрогеологическое значение. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. Харків, 2013. № 1084, Вип. 39. С. 246–254.
- 17 Яковлев Є. О. Визначальні еколого-геологічні ризики впливу видобутку сланцевого газу в нафтогазоносних басейнах України. *Мінеральні ресурси України*. 2014. № 2. С. 34–43.
- 18 He Y., Flynn S., Folkerts E., Zhang Y., Ruan D., Alessi D., Martin J., Goss G. Chemical and toxicological characterizations of hydraulic fracturing flowback and produced water. *Water Research*. 2017. No. 114. P. 78–87.
- 19 Kondash A., Albright E., Vengosh A. Quantity of flowback and produced waters from unconventional oil and gas exploration. *Science of the Total Environment*. 2017. No. 574. P. 314–321.

- 20 Koop W. Frack EU: Unconventional intrigue in Poland. A preliminary investigation of the fracking assault in Poland. B. C. Tap Water Alliance, Vancouver, British Columbia, 2012. 61 p.
- 21 Kreuze A., Schelly C., Norman E. To frack or not to frack: Perceptions of the risks and opportunities of high-volume hydraulic fracturing in the United States. *Energy Research & Social Science*. 2016. No. 20. P. 45–54.
- 22 Montcoudiol N., Isherwood C. Gunning A., Kelly T., Younger P. Shale gas impacts on groundwater resources: Understanding the behavior of a shallow aquifer around a fracking site in Poland. *Energy Procedia*. 2017. No.125. P. 106–115.
- 23 Scotchman I. Shale gas and fracking: exploration for unconventional hydrocarbons. *Proceedings of the Geologists' Association*. 2016. No. 127. P. 535–551.
- 24 Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing. The Royal Society, The Royal Academy of Engineering, 2012. 76 p.
- 25 Vengosh A., Kondash A., Harkness J., Lauer N., Warner N., Darrah T. The geochemistry of hydraulic fracturing fluids. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2017. No. 17. P. 21–24.

© Д. В. Дядін,
М. Ю. Журавель,
П. В. Клочко,
М. С. Борщ,
В. В. Яременко

*Надійшла до редакції 2 листопада 2017 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УДК 504.05::551.4:911.2

Х. Б. Караванович
*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ЛАНДШАФТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У ЗОНІ ВПЛИВУ БИТКІВСЬКОГО НАФТОПРОМИСТУ

Ландшафтні дослідження на території Битківського низькогір'я Карпат дозволили побудувати карту ландшафтної структури у зоні впливу Битківського нафтопромислу. Виділені ландшафтні місцевості – денудаційні релікти пенепленізованих поверхонь вирівнювання, педименти передгірського рельєфу, глибоко розчленовані крутосхили та фації ступінчастих сходинок шести надзаплавних терас і двох заплавних терас. Взаємний аналіз ландшафтів та техногенного навантаження від нафтогазовидобування стане основою для розробки довгострокових та термінових заходів захисту довкілля на території нафтогазовидобувного комплексу.

Ключові слова: ландшафти, місцевості, фації, нафтогазовидобуток, екологічна ситуація, екологічний стан, Битківське низькогір'я.

Landscape surveys on the territory of Bitkovsky lowland of the Carpathians allowed to construct a map of the landscape structure in the area of influence of the Bitkovsky oil field. Dedicated landscapes - denudation relics of the peneplosed surfaces of leveling, pediments of foothill terrain, deeply dissected steep slopes and facies of stepped steps of six floodplain terraces and two floodplain terraces. Mutual analysis of landscapes and technogenic loading from oil and gas production will form the basis for developing long-term and urgent environmental protection measures in the oil and gas complex.

Key words: landscapes, terrain, facies, oil and gas production, ecological situation, ecological state, Bitkivsk lowlands.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Екологічно безпечне нафтогазовидобування