

**ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ  
ПІДЗЕМНИХ СХОВИЩ ГАЗУ ПЕРЕДКАРПАТТЯ**

Проведено комплекс геохімічних досліджень підземних сховищ газу (ПСГ) Передкарпаття, на основі яких дано оцінку стану герметичності газосховищ та охорони природного середовища на території навколишніх населених пунктів. Результати проведених досліджень вказують на задовільну їх герметичність, зокрема Богородчанського ПСГ на даний час його експлуатації.

**Ключові слова:** підземне сховище газу, метан, геохімічні дослідження.

Проведен комплекс геохимических исследований подземных хранилищ газа (ПХГ) Предкарпатья, на основании которых дана оценка состояния герметичности подземных хранилищ газа и охраны естественной среды на территории окружающих населенных пунктов. Результаты проведенных исследований указывают на удовлетворительную их герметичность, в частности Богородчанского ПХГ на данное время его эксплуатации.

**Ключевые слова:** подземное хранилище газа, метан, геохимические исследования.

Predkarpat'ya on the basis of which the estimation of the state of impermeability of dug-out of gas and guard of natural environment is given on territory of surrounding settlements. The results of the conducted researches specify on satisfactory impermeability in particular Bogorodchanskogo PSG on this time of ego of exploitation.

**Keywords:** dug-out of gas, methane, geochemical.

**Актуальність.** Без сумніву інтенсивне використання природних ресурсів створює складний за характером та значний за масштабами техногенний вплив на довкілля. Так, діяльність підприємств нафтогазового комплексу, який в свою чергу включає цілу низку виробничих процесів: пошуково-розвідувальні роботи, розробка родовищ вуглеводнів, транспортування вуглеводнів магістральними та промисловими трубопроводами, облаштування й експлуатацію підземних сховищ газу (ПСГ) та переробку вуглеводневої сировини.

Що ж до Передкарпатських сховищ газу то слід зазначити, що Карпатська нафтогазонасна провінція є регіоном з розвинутою інфраструктурою видобутку, транспортування, переробки, зберігання та споживання нафти, нафтопродуктів і газу, що здійснює вагомий техногенний вплив на навколишнє середовище та призводить до суттєвих змін в атмосфері, гідросфері, літосфері та біосфері вцілому.

Особливо загострюється ця проблема тоді, коли родовища вуглеводнів розташовані в межах екологічно вразливих природних ландшафтів, за таких умов на перший погляд незначний техногенний вплив може спричинити суттєві зміни екосистеми.

Саме через це на сьогодні дуже важливою є проблема моніторингу навколишнього середовища під час експлуатації підземних сховищ газу з метою забезпечення надійного і оперативного контролю за їх герметичністю, своєчасним виявленням джерел можливих витрат газу з подальшим науково обґрунтованим прийняттям рішень та запровадженням відповідних заходів з охорони надр і навколишнього середовища.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вцілому основи загальної концепції екологічної безпеки нафтогазового комплексу викладені у роботах В.І. Данілова-Данільяна, К.Ф. Фролова, В.О. Бокова, А.О. Бикова, Р.М. Кларка, О.М. Адаменка, Я.О. Адаменка, Г.І. Рудька, М.Н. Мойсєєва, Е.Д. Кузьменка та інших вчених. В останній час поглиблюються та деталізуються знання з різних наукових напрямків: техніко-економічного – Б.М. Данилишин, О.М. Трофимчук, А.Г. Шапар, Є.О. Яковлев, В.М. Шестопа-

лов, М.С. Мальований та інші, природничого – Г.О. Білявський, І.Г. Черваньов, Є.О. Яковлев, О.М. Адаменко, В.Я. Шевчук, В.М. Шестопалов, Я.М. Семчук [6, 7]. Екологічна безпека держави розглядається як складова національної безпеки – А.Б. Качинський, В.О. Косовцев [3]. Проте, сучасний рівень вивченості цієї проблеми ще недостатній. Саме через це **метою нашої роботи є:** виявлення можливості виходів газу в приповерхневій умові і зон їх скупчень, оконтурення ділянок з аномальним вмістом вуглеводневих газів, оцінки стану герметичності газосховищ і охорони природного середовища на території навколишніх населених пунктів.

**Виклад основного матеріалу.** Більче-Волицьке, Дашавське, Угерське, Опарське, Богородчанське газосховища створені на виснажених газових покладах покришки, які на час створення об'єктів газозбереження були герметичними, але у зв'язку із застосуванням різних тисків у пластах у процесі нагнітання та відкачки природного газу у газосховищах, появою екстремальних умов (землетрусів) не виключене порушення герметичності тектонічних розломів, заколонного каменю свердловини тощо.

Саме з цією метою було проведено газогеохімічні дослідження Богородчанського ПСГ на протяжці одного експлуатаційного циклу: весняно-літнього (закачка надлишкової кількості газу у пласт) та осінньо-зимового (видача газу споживачеві) періодів режимної циклічної роботи.

Для оцінки герметичності ПСГ та стану навколишнього середовища використовувались геохімічні методи [1, 4], які як складова частина прямих геохімічних пошуків нафти і газу, базуються на загальних для всіх прямих геохімічних методів положеннях, що пов'язані з вивченням процесів міграції вуглеводневих газів із покладів в перекриваючі їх осадові породи і виходом на денну поверхню.

Геохімічні дослідження, які є щорічною регламентною роботою з контролю за герметичністю сховища газу, завжди проводяться в одних і тих самих населених пунктах, у яких адресно вибрано для постійного користування по декілька десятків водопунктів (переважно криниці та джерела) і по пробурених спеціальних контрольно-розвантажувальних свердловинах, що пробурені на гальковий водоносний горизонт на територіях Богородчанського ПСГ і навколишніх сіл: Старі Богородчани та Саджава, де і проводився комплекс газогеохімічних обстежень.

У залежності від поставлених конкретних завдань, які необхідно вирішувати на ПСГ (оцінка герметичності заколонного простору свердловин, загазованості атмосферного повітря території ПСГ, загазованості приповерхневих водоносних горизонтів в населених пунктах, що розташовані біля ПСГ та ін.) для вирішення поставлених нами завдань, по Богородчанському ПСГ було використано водногазову зйомку по криницях і джерелах та геохімічних свердловинах з метою визначення загазованості приповерхневих вод і зйомку по атмосферному повітрі підвальних приміщень та території ПСГ.

Для вибору постійних пунктів спостережень в населених пунктах використовувались три підходи, які полягають в наступному:

- на першому етапі вивчались всі водопункти, які є в населеному пункті і виділялись для постійного спостереження водопункти, які з підвищеним і аномальним вмістом водорозчинених вуглеводневих газів;

- рівномірно через 100-250 м відбирались водопункти по профільній системі або по квадратній мережі, у яких проводилось постійні спостереження;

- у місцях найімовірнішого прояву газу в приповерхневій водоносній горизонті населеного пункту згущувалось мережу спостережень, а у віддалених частинах населеного пункту від ПСГ її зріджувалось.

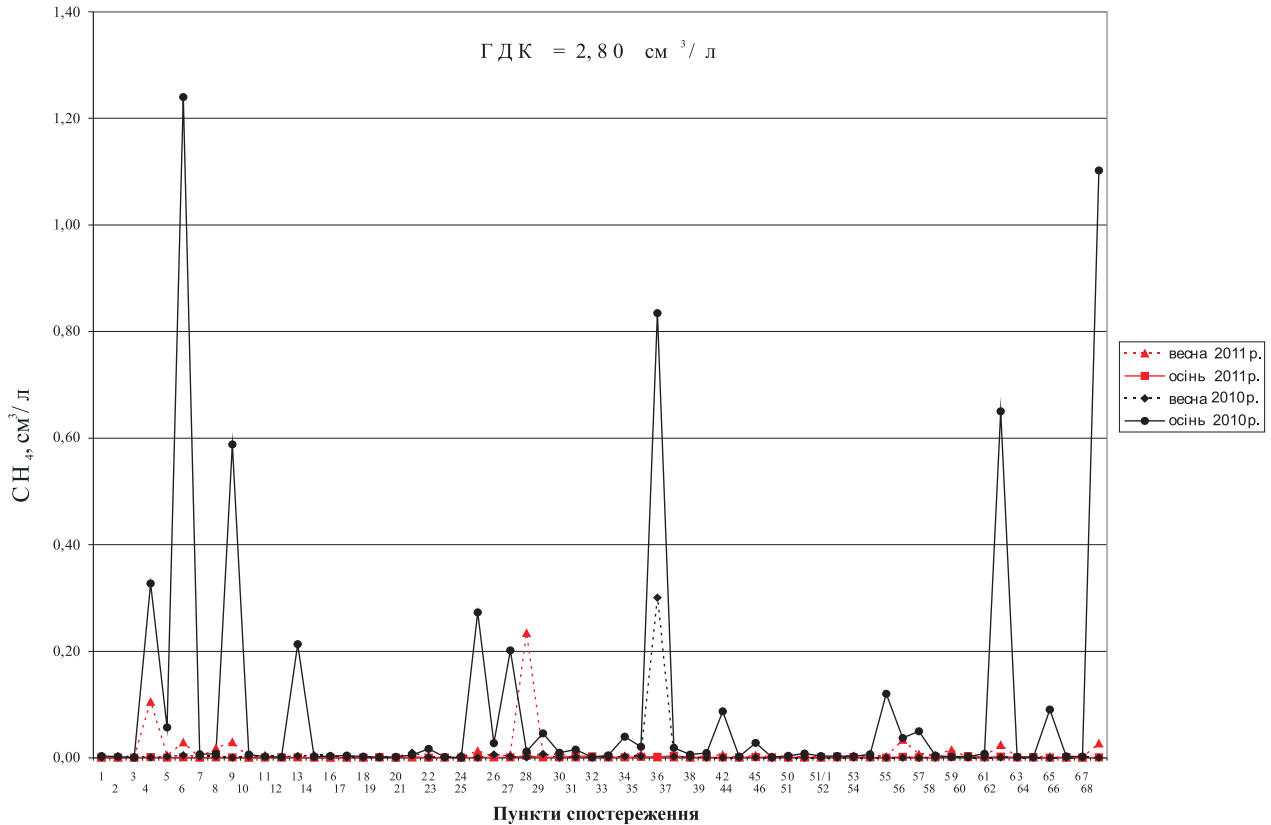
Для відбору проб води на геохімічні аналізи використовуються скляні пляшки різноманітної ємності від 60 до 120 см<sup>3</sup>, які відповідним чином підготовлені. Із колодязів і джерел проби води відбираються з допомогою чистого відра, а із геохімічних свердловин – спеціального пробовідбірника. Проба атмосферного повітря із підвальних приміщень і території ПСГ відбиралась за допомогою медичного шприца з голкою і консервувалась у герметично закритому флакончику, повністю заповненому розчином хлористого натрію, за рахунок витіснення розчину через другу голку.

Щоб визначити у пробах води вміст водорозчинених вуглеводневих газів проведено вилучення цих газів, для чого використовується метод термовакuumної дегазації. Він заснований на вилученні газів із вод при глибокому вакуумі та одночасному підігріві проби в термостаті. Цей метод дозволяє майже повністю вилучати розчинені гази із води і водних розчинів [4]. Щоб визначити якісний та кількісний

склад водорозчинного газу проводився його хроматографічний аналіз. Причому водопункти планувались в підвищеній місцевості (з метою виключення потрапляння болотного метану), в яких інтенсивно відбиралась вода, тобто був відсутній застійний режим.

Отже, геохімічні дослідження на території навколишніх населених пунктів виконувались шляхом відбору відповідних проб води із питних колодязів. Результати проведених досліджень показали, що вміст метану в ґрунтових водах з питних колодязів дещо збільшився, однак не перевищує  $0,0348 \text{ см}^3/\text{л}$ , відповідно не перевищує гранично допустиму концентрацію метану ( $2,8 \text{ см}^3/\text{л}$ ) для питних вод.

Динаміка вмісту метану в питних водах с. Старі Богородчани і Саджава наведено на рис. 1.



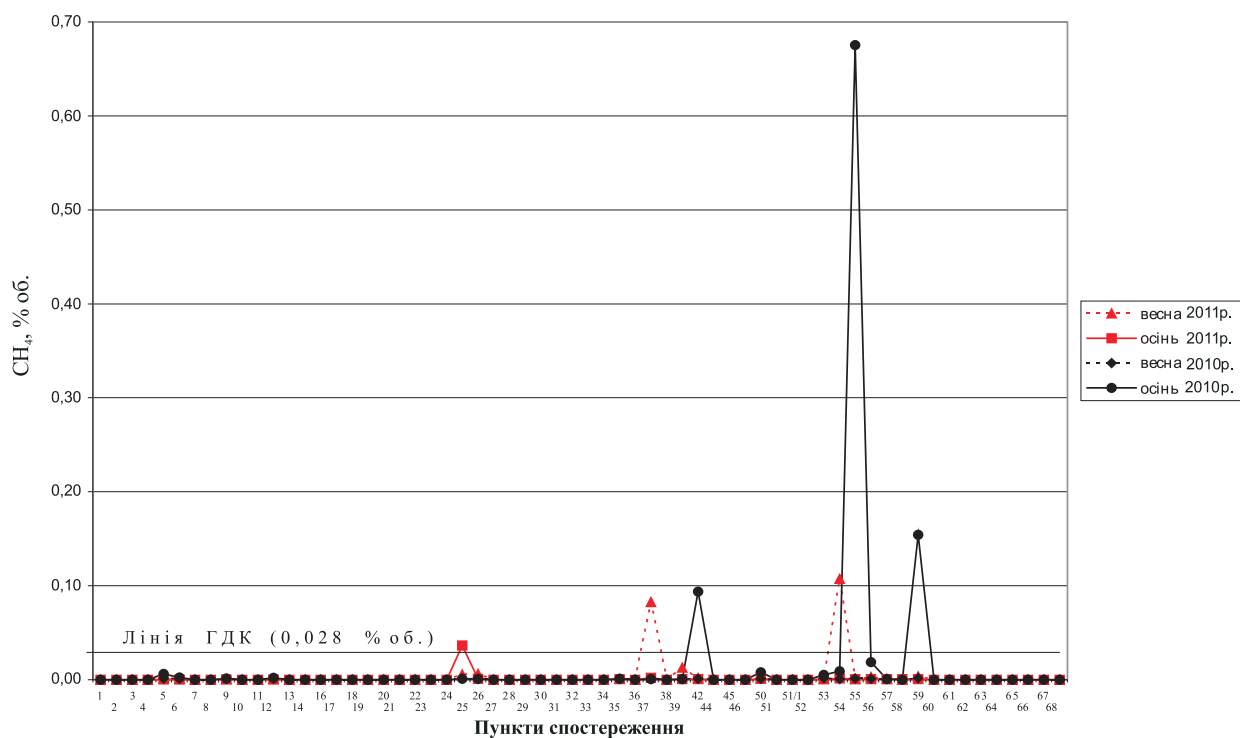
**Рис. 1. Динаміка метанонасиченості ґрунтових вод в районі сіл Старі Богородчани та Саджава в 2010-2011 рр.**

Крім питних вод у населених пунктах одночасно відбиралась при можливості проби газоповітряної суміші з підвальних приміщень, результати лабораторних досліджень яких приведено на рис. 2.

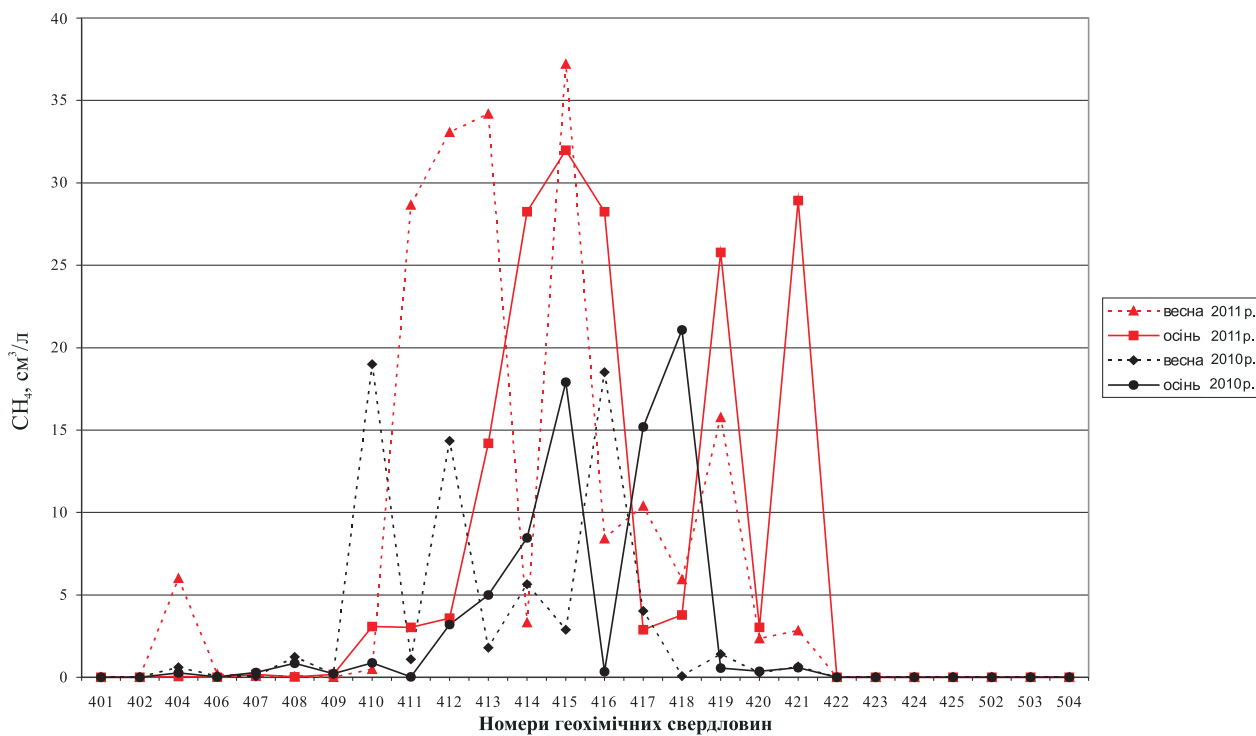
Слід зазначити, що об'ємна частка метану в повітрі з підвальних приміщень не перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) для житлових зон ( $0,0280 \%$  об.). А максимальний вміст метану спостерігається у пунктах спостереження № 37 ( $0,0827 \%$  об.) та № 54 ( $0,1075 \%$  об.). Проте, необхідно відзначити, що в підвальних приміщеннях водопунктів №№ 37, 39, 50, 54 та 58 зафіксовані гомологи метану з фоновими концентраціями.

Безпосередньо на території Богородчанського ПСГ пробурена низка газогеохімічних (контрольних) свердловин, в яких відбиралась проби пластової води і газоповітряної суміші. Результати лабораторних даних, на яких відображена динаміка вмісту метану в питних водах в районі сіл Старі Богородчани і Саджава в 2010-2011 рр., наведені на рис. 3.

Вуглеводневий газ у пластових водах переважно представлений метаном, також відзначаються незначні концентрації важких гомологів метану. Вміст метану в пробах із газогеохімічних свердловин перевищує на 2-4 порядки його концентрацію в приповерхневих пробах, відібраних із колодязів на території населених пунктів Старі Богородчани і Саджава. Найбільший вміст метану відзначається у свердловинах №№ 404, 411, 412, 413, 415, 416, 417 та 419, де він змінюється від  $4,9867 \text{ см}^3/\text{л}$  до  $38,3635 \text{ см}^3/\text{л}$ , та є більшим у два рази в порівнянні з 2010 р.



**Рис. 2. Вміст вуглеводневих газів у повітрі підвальних приміщень сіл Старі Богородчани та Саджава в 2010-2011 рр.**



**Рис. 3. Динаміка концентрації метану в пластових водах геохімічних свердловин на Богородчанській площі в 2010-2011 рр.**

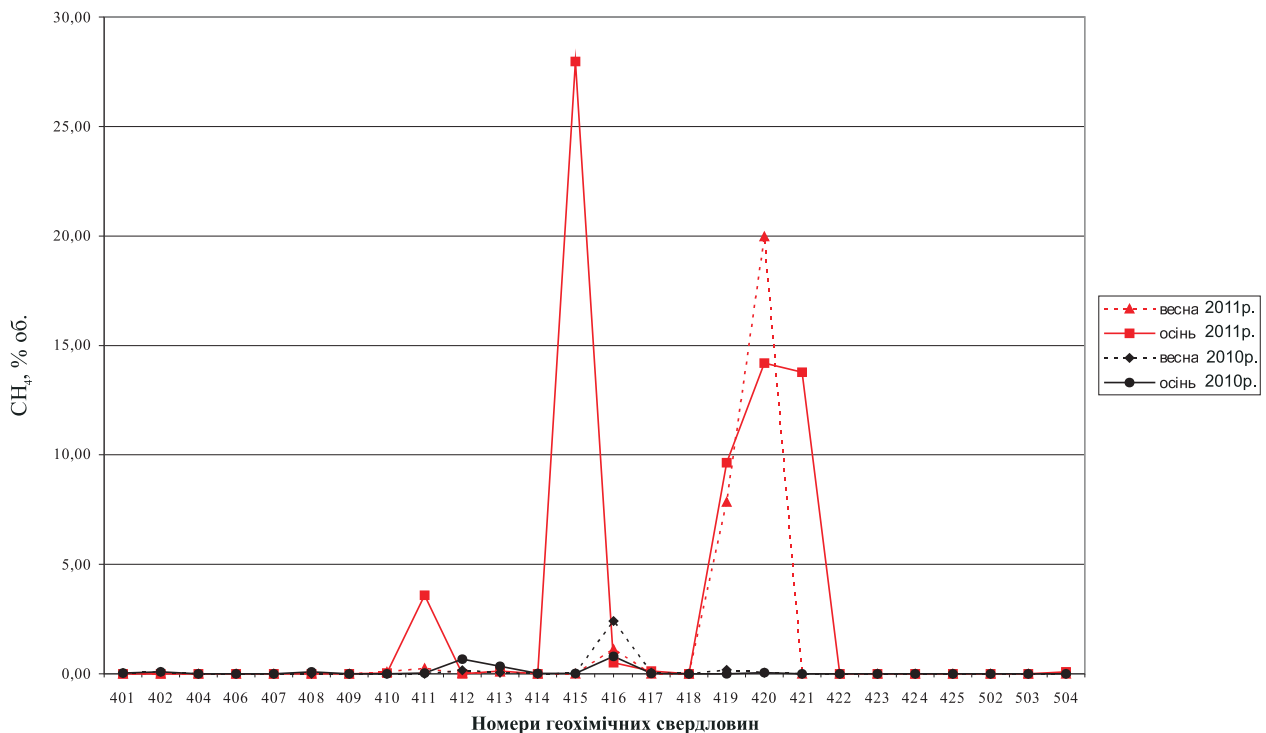
Характерним є те, що у більшості свердловин об'ємна частка метану в газоповітряній суміші не досягає вибухонебезпечної величини, і не перевищує 1,1 % об., лише у двох свердловинах №№ 419 та 420 вміст метану в газоповітряній суміші відповідно становить 7,85 та 19,98 % об.

Слід зазначити, що у пробах питних вод населених пунктів Старі Богородчани і Саджава, що відібрані осінню 2011 р., тобто після періоду стабілізації пластового тиску в ПСГ, в загальному спостерігається деяке незначне зменшення вмісту метану в порівнянні з весною. Практично в більшій кількості проб його концентрація не перевищує 0,0031 см<sup>3</sup>/л.

Назагал необхідно відзначити, що у всіх пробах питних вод, в тому числі і з території новозабудови не спостерігається значних концентрацій метану, які б перевищували ГДК (2,8 см<sup>3</sup>/л).

Необхідно відзначити, що в окремих свердловинах у пробах пластових вод відзначається менший вміст метану, в порівнянні з весною, а в інших – дещо більший. Максимальний його вміст спостерігається у свердловинах №№ 413, 414, 415, 416, 419 і 421 та відповідно становить 11,3547, 20,3393, 24,6166, 22,5992, 18,0380 і 18,8093 см<sup>3</sup>/л. Незначний вміст метану, значно менший вибухонебезпечних концентрацій, спостерігається і в газоповітряній суміші із геохімічних свердловин. Максимальний його вміст спостерігається у свердловинах №№ 415, 419, 420 та 421, де він становить від 9,6460 до 27,9734 % об. У більшості проб спостерігається присутність незначної кількості важких гомологів метану або їх сліди. Необхідно зазначити, що низький вміст метану в газоповітряній суміші спостерігається у свердловинах №№ 422, 423, 424 і 425.

Характер зміни вмісту метану в пластових водах і газоповітряній суміші в геохімічних свердловинах показано на рис. 4.



**Рис. 4. Динаміка концентрації метану в повітрі геохімічних свердловин на Богородчанській площі в 2010-2011 рр.**

Ще однією екологічною проблемою, яка виникає внаслідок експлуатації газосховищ Передкарпаття, є порушення герметичності газосховища у зв'язку із застосуванням різних тисків у пластах, появою екстремальних умов (землетрусів), заколонного каменю свердловини тощо. Так, за даними І. Перовича [5], в останні роки поровий об'єм Дашавського газосховища вдвічі перевищив критичні величини, прийняті при його проектуванні. Такий техногенний характер вертикальних зміщень земної поверхні пов'язаний з експлуатацією газосховища: з нагнітанням газу в ПСГ і з його відбором. Причому амплітуда вертикальних зміщень зростає від контурів до центру сховища. Рухи земної поверхні

на газосховищах носять коливальний характер. Співвідношення їх з відповідними змінами пластових тисків на ПСГ свідчать про техногенний характер рухів земної поверхні. Так незначний підйом поверхні відбувається після нагнітання газу в сховища, а опускання – після його відбору. Найбільше абсолютне зміщення складає 30мм. Звичайно спостереження за вертикальними рухами земної поверхні допоможуть передбачити загрози деформації наземних споруд, вихід з ладу техобладнання, можливість аварії.

На відміну від родовищ газу і нафти ПСГ характеризуються перепадами тиску в пласті-колекторі на протязі одного експлуатаційного циклу: у весняно-літній період надлишкову кількість газу закачують в пласт, а в холодну пору року видають споживачеві. При цьому об'єм активного газу може сягати десятків млрд. м<sup>3</sup>, перепад тиску – 4-7 МПа при тому, що такі коливання тиску при розробці родовищ тривають на протязі як правило десятиріч [2].

Примусове нагнітання флюїдів у пористий резервуар також може супроводжуватись побічним ефектом. Проблема поглиблюється ще й тим, що газосховища Передкарпаття розташовані у сейсмічно активній природній зоні і тяжіють до територій, які характеризуються підвищеною неотектонічною активністю. У таких структурних умовах це може призвести до накладання природних і техногенних рухів, що зумовить статичну нестійкість земної поверхні і можливість виникнення сейсмічних зрушень.

Отже, узагальнюючи результати проведених досліджень, можна зробити наступні **висновки**:

- концентрації метану в пробах питних вод, відібраних навесні і восени 2011 р. в районі експлуатації Богородчанського ПСГ на території сіл Старі Богородчани та Саджава, не перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК) для житлових зон (2,8 см<sup>3</sup>/л). Об'ємна частка метану в повітрі з підвальних приміщень практично не перевищує гранично допустиму концентрацію для житлових зон (0,0280 об. %);

- у пробах пластової води і газоповітряної суміші із геохімічних свердловин концентрація метану на декілька порядків перевищує його вміст у пробах питних вод з навколишніх населених пунктів. Високі вибухонебезпечні концентрації метану в газоповітряній суміші спостерігаються як навесні, так і осінню у геохімічних свердловинах №№ 415, 419, 420 та 421;

- зміщення земної поверхні та забруднення верхньої частини геологічного середовища зумовлені головним чином змінами пластових тисків в процесі нагнітання і відбору газу.

Назагал виконаний комплекс газогеохімічних досліджень вказує на задовільну герметичність Богородчанського ПСГ на даний час його експлуатації.

### Література

1. Антонов П. Л. Теория и методика геохимических поисков нефти и газа / П. Л. Антонов // В сб. Результаты разработки и опробования прямых геохимических методов поисков месторождений нефти и газа. – М.: Недра, 1971. – В. 10. – С. 3-16.
2. Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ : підручник / В.С. Бойко. – Київ: Реал-Прінт, 2004. – 695 с.
3. Качинський А.Б. Екологічна безпека України : системний аналіз перспектив покращення / А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
4. Методические рекомендации по геохимическим методам поисков месторождений нефти и газа. – М.: ОНТИ ВНИИЯГГ, 1975. – 285 с.
5. Перович І. Загальні закономірності осідання земної поверхні на підземних сховищах газу / І. Перович // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – С. 199-200.
6. Рудько Г.І. Екологічний моніторинг геологічного середовища / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Франка, 2001. – 260 с.
7. Шнюков Е.Ф. Экологическая геология Украины / Е.Ф. Шнюков, В.М. Шестопапов, Е.А. Яковлев и др. – К.: Наукова думка, 1993. – 407 с.

*Поступила в редакцію 15 березня 2012 р.*

*Рекомендував до друку д.т.н. Я.О. Адаменко*