

Сьогодні вже можна говорити про підземне зберігання газу в Україні як про новий напрямок розвитку газової промисловості, що забезпечує не тільки високу надійність газопостачання споживачам, але й є стратегічним резервом України, особливо після введення в експлуатацію Більче-Волиця-Угерського газосховища.

Сорок років тому під час створення першого ПСГ у горизонтальному пласті в Олишівці ми мали досвід експлуатації лише газових родовищ, який повністю перенесли на підземне зберігання газу. Неврахування високих темпів нагнітання і відбору газу: за цикл, – а це, як правило, сезон, – змінювався повний активний об'єм газу; пластовий тиск за цей час змінювався у 2 і більше разів, при цьому кількість експлуатаційних свердловин була на один-два порядки більшою. У підземних сховищах газу, створених у виснажених покладах, є свої закономірності формування (вже штучного) покладу і його роботи в режимі циклічної експлуатації. Тому за цей період напрацьовані специфічні вимоги (назвемо так) до гірничих інженерів-технологів, які експлуатують ПСГ: вони повинні бути і *промисловими геологами*, які знають геологію, гідрогеологію та ін., і *інженерами з видобутку нафти і газу* (які знають свердловини, їх дослідження, будову пласта, осушення та очищення газу), і *інженерами-механіками з транспорту газу* (які знають технологію транспорту газу).

На сьогодні, шляхом додаткового навчання виробничники мають змогу здобути освіту за іншою спеціальністю в інституті післядипломної освіти при ІФНТУНГ. У 1992 році між університетом (тоді ще інститутом нафти і газу) і ВО “Укргазпром” була досягнута домовленість про організацію нової спеціалізації після 3-го курсу навчання з числа студентів спеціальностей ВНГ і ПС у кількості 10-15 чоловік і підготовку на кафедрі нафтогазової гідромеханіки (де займаються проблемами підземного зберігання газу) гірничих інженерів з підземного зберігання газу. Був розроблений і погоджений навчальний план, на кафедрі транспорту нафти і газу читався новий курс лекцій “Підземне зберігання газу” (читав проф. Гімер Р.Ф., завідувач кафедри нафтогазової гідромеханіки). Але у зв'язку з переходом МОН України на треступеневе навчання (бакалавр – спеціаліст – магістр) цей курс з програми випав і дисципліна окремо не читається. Виконуються тільки окремі курсові і дипломні проекти, в більшості студентами заочної форми навчання.

Для створення нової спеціальності чи спеціалізації бажано мати від ДК “Укртрансгаз” їх побажання і рекомендації щодо наповнення відповідних програм.

А те, що це перспективний напрямок розвитку газової промисловості засвідчують дані підготовки фахівців вищої кваліфікації – кандидатів технічних наук. За останні п'ять років кандидатські дисертації захистили Л.Т. Гораль, Я.В. Грудз, М.П. Деркач, готовий до захисту Сусак О.М. (науковий керівник проф. Гімер Р.Ф.), А.А. Руднік, Р.Я. Шимко та В.В. Костів (науковий керівник проф. Грудз В.Я.). Рекомендовано в докторантуру доцента Гімера П.Р.

УДК 622.691.2

ПІДЗЕМНЕ ЗБЕРІГАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ – ОСНОВНІ ВІХИ, ДОСЯГНЕННЯ ПЕРСПЕКТИВИ

© Б.П. Савків

НАК “Нафтогаз України”; 6, вул. Б. Хмельницького, Київ, 01001

Основные этапы развития подземного хранения газа (ПХГ) в Украине даны в сравнении с мировыми достижениями в этой области. Приводится структура комплексов ПХГ в Украине. Рассматриваются достижения при создании как одно-, так и многопластовых хранилищ газа. Уделено внимание перспективам и планам развития ПХГ.

Main stages of underground gas storage (UGS) development in Ukraine are given in comparison with world achievements in this field. The structure of UGSF complexes in Ukraine is mentioned. Achievements at the creation of single- and multilayer gas storages are considered. Perspectives and UGSF development plans are paid attention.

Підземне зберігання газу є справжньою коштовною перлиною в короні газової промисловості України.

На наш погляд, досить вдале визначення терміну “підземне зберігання газу” дано професором Мічиганського університету (США) М.Р. Теком [1]:

Підземне зберігання газу – винятково ефективний процес, що забезпечує стаке постачання природного газу з магістральних газопроводів при змінному ринковому попиті, в залежності від погодних умов, з інженерною та економічною вигодою, яке з урахуванням українського та міжнародного досвіду, набутого в за останні роки, мало б мати такий, більш вичерпний, вигляд:

Підземне зберігання газу – винятково ефективний процес, що забезпечує стаке постачання природного газу з магістральних газопроводів при змінному ринковому попиті, в залежності від погодних умов, а також довгострокового припинення чи істотного зменшення газопостачання, спричиненого великою аварією чи стихійним лихом, погіршенням екологічної ситуації тощо, з інженерною та економічною вигодою”.

Дійсно, підземне зберігання газу є винятково ефективним засобом нагромадження енергоносія для короткочасного чи довгострокового його зберігання і за масштабами та вигідністю немає альтернативних аналогів не тільки в газовій промисловості, але й в усіх інших галузях паливно-енергетичного комплексу.

З іншого боку завдяки підземному зберіганню, з його унікальною здатністю великомасштабного нагромадження ресурсів для сталого газопостачання споживачів, газ придбав нову важливу якість, яка дає йому відчутну перевагу над усіма іншими видами енергоносіїв. Тому, у світовій тенденції накопичення енергоресурсів для сталого функціонування економіки на випадок надзвичайних ситуацій, саме підземному зберіганню газу відводиться провідна роль.

Початком підземного зберігання газу в Україні прийнято вважати 25 травня 1964 року – дату, коли розпочато дослідно-промислове нагнітання природного газу в бат-байоський водоносний пласт Олишівської амплітудної структури з метою створення в ньому підземного сховища газу (ПСГ).

Розвиток підземного зберігання газу в Україні можна поділити на три періоди.

До початкового першого відносяться здійснювані в 1955-1970 роки пошукові та дослідно-промислові роботи для створення ПСГ на базі водоносних структур, розташованих у Чернігівській області, з метою надійності газопостачання Києва.

За результатами проведеного в 1955-57 рр. пошукового буріння на декількох площах позитивна оцінка дана розташованим у Чернігівській області Червонопартизанській та Олишівській структурам. У зв'язку з тим, що остання мала простішу будову і була розташована на трасі газопроводу Київ-Москва, її визнали першочерговою для створення ПСГ.

Пізніше, починаючи з 1968 року, здійснювалось дослідно-промислове нагнітання газу в Червонопартизанську структуру. Приблизно в ті ж роки створення підземних газосховищ на базі водоносних структур через відсутність поблизу вироблених газових покладів розпочато біля столиць та великих міст Москви, Ленінграда, Мінська, Ташкента, Риги. Проте першим взірцем використання чисто водоносної структури для створення ПСГ став класичний приклад експлуатації сховища Хершер біля Чикаго, промислове нагнітання газу в яке розпочато в 1953 році.

У Франції в 50-і роки ХХ століття створено у водоносних структурах три підземні газосховища Бейн, Верон, Люсяньє. У Росії нагнітання газу у водоносну структуру вперше розпочато в 1959 році на Калузькому піднятті поблизу Москви.

З огляду на викладене, можна стверджувати, що, відставши всього на 11 років у промисловому нагнітанні газу від першого у світі аналогічного типу ПСГ Хершер біля Чикаго, початковий період розвитку підземного зберігання газу в Україні на базі водоносних структур здійснювався практично одночасно із загальноєвропейським та світовим.

Другий період створення ПСГ в Україні охоплює приблизно 1969-1985 роки. Впродовж нього, поряд із розширенням згаданих сховищ, починається створення ПСГ на базі вироблених покладів газових родовищ, з використанням їх для забезпечення надійності експортних поставок газу в країни Центральної та Західної Європи та задоволення зростаючих потреб усіх регіонів України. У 1969 році вперше проведено дослідно-промислове нагнітання газу у вироблені XIV-XV продуктивні горизонти Угерського родовища. Одночасно розпочато роботи з проектування і дорозвідки, з метою створення ПСГ, на Опарському газовому родовищі.

Початок підземного зберігання газу в Європі на базі вироблених газових родовищ відноситься до 1954р., коли в Польщі розпочалось створення ПСГ на родовищі Розтоки. У 1958 році розпочато створення Башкатовського ПСГ на базі однойменного газового родовища в Самарській області (Росія).

В Україні ще в 1963 році в Дрогобицькому проектно-конструкторському технологічному інституті під керівництвом Солецького О.В. складено “Проект дорозробки Дашавського газового родо-

вища” з урахуванням використання його для підземного зберігання супутнього газу з Долинського нафтогазового родовища в умовах недостатньої підготовленості споживачів для його приймання. У цьому ж році проведено пробне нагнітання газу в запроєктований об’єкт газозберігання. Цей доробок використано пізніше, в 1973 р., коли розпочато створення Дашавського ПСГ у виробленому покладі “Г” з метою забезпечення надійності газопостачання місцевих споживачів Львівської області.

Отже, утворення ПСГ в Україні на базі вироблених газових покладів теж розпочато майже одночасно зі створенням їх в інших європейських країнах, віддаляючись від зародження його у Польщі всього на 11 років.

Пізніше, у зв’язку із збільшенням потреби, запроєктовано і реалізовано протягом найближчих років розширення Дашавського ПСГ за рахунок приєднання покладу “Е”, що дозволило створити укрупнене ПСГ, в якому реалізована спільна експлуатація згаданих 2 покладів.

У 1979 році розпочато дослідно-промислову експлуатацію додатково Опарського та Богородчанського ПСГ.

Паралельно проводились роботи зі створення ПСГ і в інших регіонах. Так, у 1973 році розпочато створення Краснопопівського ПСГ у Донецькому регіоні для потреб Лисичанського промвузла в Луганській області. У 1983 р. розпочато спорудження Глібівського ПСГ у Криму.

Третій етап розвитку підземного зберігання газу починається з середини 80-х років минулого століття і триває до наших днів. При цьому найбільша робота щодо значного збільшення місткості ПСГ та потужностей з відбору газу з них проведена у другій половині 80-х років. Особливістю здійснених у ці роки робіт крім введення нових та розширення діючих ПСГ, було скорочення періоду можливого відбирання всього активного газу на більшості ПСГ з 150-165 діб до 100-120 діб.

Період характеризується також подальшим розширенням географії підземного зберігання газу. Зокрема, в 1986 р. розпочата дослідно-промислова експлуатація Пролетарського ПСГ (гор. М-7) на Дніпропетровщині. У 1987 р. введено в дію Солохівське ПСГ на Полтавщині та розпочата дослідно-промислова експлуатація Вергунського ПСГ на Луганщині.

Проте найбільшим досягненням розглядуваного періоду є створення одного з двох найбільших в Європі Більче-Волицько-Угерського ПСГ, дослідно-промислове нагнітання газу, яке розпочато ще в 1983 р. А ще раніше, з 1974 р. його складова частина – XVI горизонт Угерського газового родовища використовувався в режимі регулятора.

Спорудження цього гіганта підземного зберігання газу разом з бурінням свердловин тривало 10 років, підключення останніх 28 свердловин та введення в дію 4-го компресорного цеху здійснено в 1992 році.

Продовжувані в останні роки роботи включають в себе, в основному, модернізацію устаткування осушення газу, газокомпресорних цехів, заходи, спрямовані на автоматизацію керування ними, а також інші заходи, спрямовані на збільшення “піковості” відборів газу.

Для зручності аналізу та планування створена потужна мережа підземного зберігання газу (рис. 1) розподілена на 4 регіональні комплекси [2]. В ідеальному випадку доцільно було б їх поєднати з існуючим економічним районуванням країни. Проте, через тісний технологічний зв’язок ПСГ з магістральними газопроводами, траси яких недостатньо узгоджуються з економічними районами країнами, комплекси ПСГ не вдалося адекватно розподілити згідно згаданому районуванню.

Під комплексом підземного зберігання газу (КПЗГ) розуміємо не просто територіальну групу сховищ, а економічне та технологічно доцільне їх поєднання як складову технологічну ланку системи газопроводів, призначену забезпечити надійність газопостачання.

Комплексування підземних сховищ природного газу в Україні проводиться згідно таких критеріїв:

- розташування їх в обмеженому регіоні та сполучення з однаковими магістральними або між собою локальними газопроводами;
- доповнення одне одного з точки зору зумовлених технологічних параметрів (активний об’єм, продуктивність, тривалість періодів нагнітання та відбору газу тощо).

Зараз в Україні визначились 4 такі комплекси: Західний (Прикарпатський), Північний (Київський), Східний (Донецький) та Південний (Причорноморський).

Значним критерієм найбільше відповідає Західний КПЗГ у складі Більче-Волицько-Угерського, Угерського (XIV-XV гор.), Дашавського, Опарського та Богородчанського ПСГ, що забезпечує гарантоване транзитне подавання та експорт газу в центрально-західноєвропейські країни переважно в ужгородському напрямку, а також газопостачання західних областей України.



Рисунок 1 – Система транспортування газу та ПСГ України

Київський КПЗГ, створений переважно в Київській системі газопроводів у складі Олишівсько-го, Червонопартизанського, Солохівського та Кегичівського ПСГ, забезпечує, в основному, надійність газопостачання Київського та Північно-Східного економічних районів України.

Донецький КПЗГ, у складі Краснополіського та Вергунського ПСГ виконує локальне завдання з надійності газопостачання Луганської області.

Південний комплекс у складі Пролетарського та Глібівського ПСГ перебуває в стані становлення і призначений, в основному, для покращення газопостачання Криму, південних континентальних областей та частково Подніпров'я, а також транзиту і експорту газу в балканському напрямку.

Підготовлена сумарна активна місткість ПСГ України, здатна вмістити 42-43% від споживаного за рік газу, що значно перевищує аналогічні показники основних західноєвропейських країн.

Існуюча мережа підземного зберігання природного газу в Україні (див. рис. 1.) за своєю активною місткістю посідає почесне 2 місце серед країн Європи, поступаючись тільки російській, істотно випереджаючи такі країни як Німеччина, Італія, Франція, Великобританія. Навіть у разі неповного використання потужностей діючих ПСГ, надходження з них газу може забезпечити понад третину потреби внутрішнього споживання газу, а при відповідному накопиченні ресурсів надходження його з ПСГ може бути збільшено вдвічі.

При розгляді можливості використання мережі ПСГ України для інших країн треба відзначити, в першу чергу, унікальність сприятливих умов нашої країни для резервування запасів газу континентального значення, пов'язаних з географічним розташуванням.

Другою особливістю, сприятливою для функціонування мережі ПСГ європейського значення, є наявність достатньої, практично необмеженої місткості підземних резервуарів газових (газоконденсатних), а зі збільшенням потреби – і нафтових родовищ, в основному значно вироблених, що мають сприятливі умови для ПСГ (відносно невелика глибина залягання продуктивних пластів, їх високі геолого-фізичні параметри, достатня герметичність).

При цьому ми маємо позитивний досвід у зберіганні газу для Польщі, Угорщини, Словаччини. Ще на початку 90-х років за рахунок ПСГ заходу України здійснювалось регулювання постачання Білорусі і навіть частково Росії в обсязі 5-5,5 млрд. м³ за сезон. Тому, знаходячись у районі переважно кінцевих ланок основних транзитних газопроводів, ПСГ України покликани відігравати роль євросховищ.

Різноманітна геологічна побудова, що вимагає творчого підходу до вирішення технологічних задач спонукала науковців та виробників, зайнятих підземним зберіганням газу, до творчого пошуку, оригінальних рішень, дозволила внести їм вагомий внесок у світову науку і практику підземного зберігання газу.

Завдяки цьому Український інститут природних газів та Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу теж придбали своє оригінальне творче обличчя.

В УкрНДІГазу мабуть вперше по науковому підійшли до визначення дефіциту газопостачання та прогнозування сезонної нерівномірності для визначення потрібного активного об'єму та продуктивності ПСГ. Інститут став постійним співвиконавцем ТЕДів з перспектив розвитку підземного зберігання газу в колишньому СРСР, розглядаючи також питання розвитку цього напрямку в республіках Прибалтики, Білорусі і Молдавії.

Предметом нашої гордості є те, що в УкрНДІГазі вперше розроблений метод годографу ПСГ для експериментального вивчення руху газового об'єму в пластових умовах, що поступово набуває поширення як основний моніторинг експлуатації ПСГ [3]. Цей метод, здатний прогнозувати і передбачати поведінку газового об'єму для його регулювання, діагностувати пластові втрати газу, повинен впроваджуватися якомога повніше в практику експлуатації ПСГ. Характерно, що в останні роки цьому методу приділяється увага у США та Росії.

Протягом 35 років успішно експлуатується Олишівське ПСГ, створене в малоамплітудній, майже горизонтальній пастці, з куполами падіння крил, не перевищуючими $30'$, з амплітудою до 10 м. Нагнітання частини газу у водоносну, нижню частину створюваного штучного газопродуктивного горизонту, визначення теоретично та експериментально кількості нагнітальних свердловин, оптимального співвідношення об'ємів газу, яким необхідно заповнити нижню (водоносну) та верхню (газонасичену) частини пласта, темпи його нагнітання, черговості роботи нагнітальних та експлуатаційно-нагнітальних свердловин являють собою основу розробленої і успішно реалізованої технології створення та експлуатації ПСГ у практично горизонтальному пласті, захищеній авторським свідоцтвом та запатентованій [4]. Характерно, що сховище надійно працює з активним об'ємом, який складає 47% від загального.

Специфічна геологічна побудова окремих пластів дозволила запроектувати і створити двоблокові підземні газосховища. Вперше з цим питанням зустрілися ще в середині 60-х років на прикладі Червонопартизанського ПСГ.

Вибраний як об'єкт підземного газозберігання бат-байоський пласт-колектор водоносної структури тектонічним порушенням, яке пролягає з південного заходу на північний схід, розсікається на 2 блоки: більший; південно-східний, і менший; північно-західний.

Північно-західний блок залягає нижче на 20 км від південно-східного блоку. Дослідне нагнітання газу протягом перших трьох сезонів (1968-70рр.) здійснювалось тільки в південно-східний блок (сумарне нагнітання досягло 105 млн. m^3), при цьому перетікання газу в північно-західний блок не відмічалось. У наступні роки нагнітання, а пізніше і відбір газу проводилось паралельно в обидва блоки, співвідношення об'ємів зберігання в яких 7:3. Наявність двох відокремлених блоків дає можливість у певних межах маневрувати обсягами нагнітання і, особливо, відбирання газу в осінньо-зимовий період.

Ще більший інтерес з точки зору використання блокової побудови підбрянцівського горизонту слов'янської світи нижньої пермі на Кегичівському ПСГ для майбутнього істотного збільшення пікового відбору газу у зимові місяці. Починаючи з 1988 року до цього часу для підземного зберігання газу використовується тільки західний блок з активним об'ємом 0,7 млрд. m^3 , який заповнюється і відбирається за 120 діб. При цьому відбирання проводиться безкомпресорним способом. Обнадійливим є освоєння східного блоку, на якому вже пробурено 4 експлуатаційно-нагнітальні свердловини, дослідна експлуатація дасть відповідь на потребу додаткового розбурювання блоку оптимальним числом свердловин. Після освоєння його можна очікувати збільшення пікового добового відбору зі сховища на 2 млн. m^3 .

Вдале використання блокової побудови окремих сховищ сприяє створення в одному продуктивному горизонті окремих блоків газозберігання, дозволяє покращити маневреність ПСГ під час нагнітання та відбирання газу, продовжити можливість пікового відбору газу.

В Україні також реалізовано прискорені методи створення підземних газосховищ як шляхом своєчасного припинення розробки газового родовища для залишення запасу газу в ньому, достатнього для повного формування буферного об'єму (Богородчанського ПСГ), так і шляхом перепус-

кання газу із високонапірного газового горизонту і низьконапірний, в якому створюється об'єкт газозберігання (Пролетарське ПСГ) [5].

Заслугує уваги і впроваджена на Опарському ПСГ технологія створення об'єктів газозберігання в обводнених газових горизонтах [6], що дала можливість збільшити активний об'єм і підвищити продуктивність свердловин.

У відповідності з геологічними умовами по-різному вирішено створення ПСГ на дво- чи багато пластових родовищах. Запроектована і впроваджена спільна експлуатація двох горизонтів на Угерському (XIV+XV горизонти) та Дашавському ПСГ (горизонти "Г" і "Е+Д"). На Опарському ПСГ впроваджена роздільна експлуатація 3 горизонтів (IV, V, VI) окремими сітками свердловин.

Для двох газоносних горизонтів Б-5 і Б-9 Пролетарського ПСГ розроблена оригінальна спільно-роздільна технологія створення та експлуатації [7]. Проте через надзвичайно тривалу затримку облаштування ПСГ після припинення розробки покладів і завершення буріння експлуатаційних свердловин пройшло майже повне обводнення нижнього горизонту Б-9, що істотно унеможливило реалізацію запроектованого технологічного рішення.

Предметом постійної уваги і творчого розв'язання проблем є створення унікального Більче-Волицько-Угерського ПСГ на базі 2 взаємодіючих покладів XVI горизонту Більче-Волицького та Угерського родовищ, починаючи з моменту переведення в режим регулятора XVI горизонту Угерського родовища. Компанією в 1999 році розроблена "Комплексна програма перспективного розвитку НАК "Нафтогаз України", яка послідовно (в міру можливостей) реалізується. Нею намічено великий обсяг робіт з покращення технічного стану та ефективності підземних сховищ газу. Планується провести розширення Пролетарського, Кегичівського, Червонопартизанського, Солохівського сховищ, реконструкція Угерського та техпереоснащення Опарського підземних сховищ газу. Також програма передбачає заміну фізично та морально застарілих газоперекачувальних агрегатів, їх системи автоматичного керування на сучасні, проведення реконструкції устаткувань підготовки газу та інженерних мереж.

Для економічної безпеки країни на основі збільшення продуктивності мережі ПСГ потрібно створити в ПСГ довгостроковий резерв. Невикористані Компанією можливості потрібно на взаємовигідній основі використовувати як для сезонного, так і довгострокового зберігання газу для інших країн.

В умовах широкого впровадження ринкових відносин у районі сходження кількох важливих транзитних газопроводів можна очікувати створення нових альтернативних ПСГ.

Література

1. *Tek M.R.* Natural Gas Underground Storage: Inventory and Deliverability. – Penn-Well Publishing Co., 1996. – 425 p.
2. *Савків Б.П., Пінчук С.О.* Про комплексування підземних сховищ природного газу в Україні // Нафтова і газова промисловість. – 1996. – №3. – С. 53-54.
3. *Карачинский В.С., Савків Б.П., Федутенко А.Н., Фык И.М.* Технологические аспекты формирования системы подземных газохранилищ Украины // Сб. «50 лет ВНИИГаза – 40 лет ПХГ» – Москва, 1998г. – С. 54-70.
4. *Лебедев Г.Д., Савків Б.П., Федутенко А.М., Стеренчук В.П., Гриміль М.А.* Спосіб утворення та експлуатації газосховища в малоамплітудних структурах водоносного пласта. – Патент на винахід 16234 Україна В6505/00.
5. *Лебедев Г.Д., Евдоцук Н.И., Савків Б.П., Федутенко А.Н., Юрченко В.Ф.* Способ создания подземных хранилищ газа. – АС №1466159.
6. *Солецкий Е.В., Кондрат Р.М., Войцицкий В.П., Савків Б.П., Маковский С.А.* Способ подземного хранения в водоносных пластах. – АС № 1564924.
7. *Лебедев Г.Д., Такой И.Н., Федутенко А.И., Григорьев В.С., Резуненко В.И., Савків Б.П., Евдоцук Н.И.* Способ создания и эксплуатации многопластового подземного хранилища газа. – АС №1427757.