



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **14323** (13) **U**  
(51) МПК (2006)  
**B65G 5/00**  
**E21F 17/16** (2006.01)  
**E21B 47/00**  
**E21B 47/10**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

#### (54) СПОСІБ МОНІТОРИНГУ ЗА ПОВЕРНЕННЯМ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД В НАДРА

1

2

(21) u200510373

(22) 03.11.2005

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Холодкова Людмила Анатоліївна, Павлов Станіслав Дмитрович, Тердовідов Анатолій Самсонович, Чоловський Ігор Григорович, Солдатов Єгор Валерійович

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ  
"УКРГАЗВИДОБУВАННЯ" НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКЦІОНЕРНОЇ КОМПАНІЇ "НАФТОГАЗ УКРАЇНИ"

(57) Спосіб моніторингу за поверненням супутньо-пластових вод (СПВ) в надра, що включає вибір геологічної структури, складеної проникними пористими та щільними пластами, закачування через нагнітальні свердловини супутньо-пластових вод в проникний пористий пласт геологічної структури, що містить давні розсоли,

гідрогеохімічний контроль в процесі закачування і зберігання супутньо-пластових вод, який відрізняється тим, що визначають гідрогеохімічні показники сумісності супутньо-пластових вод і давніх розсолів, за їх змінами здійснюють періодичний гідрогеохімічний контроль супутньо-пластових вод в нагнітальних свердловинах від попереднього освоєння нафтогазоконденсатного родовища і геологічної структури в процесі закачування і зберігання супутньо-пластових вод, додатково контроль за початком колюматції свердловини на вибої здійснюють по зростанню тиску закачування СПВ на усті свердловини, при цьому проникний пористий пласт геологічної структури обирають за показниками мінералізації давніх розсолів, сумісними з показниками мінералізації супутньо-пластових вод.

Корисна модель відноситься до екології та охорони надр і навколишнього середовища, а саме до контролю за поверненням супутньо-пластових вод та рідких промислових відходів, які утворюються при розробці та експлуатації нафтогазоконденсатних родовищ, в надра.

Відомий спосіб оцінки екологічного стану підземних вод [Росія, патент №2172502, публ.20.08.2000, Бюл. №23], який включає буріння спостережливих і розвідувальних гідрогеологічних свердловин, збір і аналіз природних гідрогеологічних і гідрогеохімічних даних з наступним будівництвом карт. Для побудови карт використовують басейновий принцип з розбиванням вивчаємої території на перший, другий і третій рівні, а в якості карт будують базові карти начального рівня і галузеві карти перехідного рівня, здійснюють взаємне узгодження даних вказаних карт, інтегрування природних характеристик і вибір гідроекологічних критеріїв для оцінки екологічного стану підземних вод, а також установлюють відповідність між ними для подальшого районування і категоризації шляхом

визначення суми балів і інтервалів сум балів, після чого додатково створюють ітогову карту кінцевого рівня - карту гідроекологічного районування і здійснюють її аналіз.

Розглянутий спосіб є складним і трудомістким, потребує для реалізації багато часу і спеціального обладнання для отримання і обробки даних і побудови карт, додаткових витрат на буріння спостережливих і розвідувальних свердловин.

Відомий спосіб поховання промислових стоків підприємств [Росія, заявка №2003126264, публ.27.08.2003, Бюл. №7], який включає буріння свердловин на розсільний горизонт, закачування в них промислових стоків, при цьому бурять пошукові та оціночні свердловини і обирають ділянку з найбільш високими колекторськими властивостями. Бурять спостережливі свердловини на розсільний горизонт, крім того спостережливі свердловини на вищезалежачі прісноводні водоносні горизонти. Для визначення розтічності промислових стоків в плані виконують лабораторні дослідження по хімічній сумісності стоків з пластовими водами-розсолами і

(13) **U**(11) **14323**(19) **UA**

водовміщуючими породами, після чого здійснюють дослідне закачування промислових стоків, розраховують гідрогеологічні параметри пласта-колектора, у т.ч. його ємнісний потенціал, приймальність поглинаючого горизонту і продуктивність однієї нагнітальної свердловини. Після цього здійснюють закачування промислових стоків в необхідних обсягах в нагнітальні свердловини.

Недоліком розглянутого способу є великі витрати на буріння значної кількості свердловин, а саме нагнітальних, пошукових, спостережливих і оціночних свердловин. Крім того, спосіб не забезпечує достатньої інформативності про шкідливість впливу промислових стоків на навколишнє середовище через кількісну і якісну невизначеність характеристик компонентів, що входять до складу промислових стоків.

Найбільш близьким за технологічною сутністю і досягаемому результату (прототипом) є спосіб зберігання рідких промислових відходів [Росія, патент №2039686, публ.20.07.1995, Бюл. №20]. Згідно способу обирають синклінальну структуру (геологічну структуру), складену переміжними проникними пористими та щільними пластами. Бурять нагнітальні і контрольні свердловини. Закачують через нагнітальну свердловину в проникний пористий пласт промислові відходи (супутньо-пластові води). Здійснюють геохімічний (гідрогеохімічний) контроль стану геологічного розрізу в процесі закачування і зберігання відходів. Промислові відходи закачують з густиною не нижче густини природного розсолу в обраній синклінальній структурі, а геохімічний контроль за станом геологічного розрізу додатково здійснюють за змінами фонові концентрації ізотопів гелію і/або іоносолевих комплексів, які притаманні давнім розсолам обраної синклінальної структури у верхніх водоносних горизонтах над сховищем.

Недоліками способу за найближчим аналогом є його висока витратність по-перше, через капітальні витрати, які виникають внаслідок необхідності буріння значної кількості додаткових нагнітальних і контрольних свердловин. По-друге, використання синклінальних структур геологічних розрізів для повернення супутньо-пластових вод (СПВ) нафтогазоконденсатних родовищ є недоречним через їх значну віддаленість від цих родовищ. Геологічні структури, на яких в Україні розмішені промисловоосвоєні нафтогазоконденсатні родовища, за своїми гідрогеологічними та гідрогеохімічними характеристиками є більш придатними для розміщення в них СПВ. Обрані за прототипом характеристики геохімічного контролю не придатні для забезпечення екологічної безпеки і надійності контролю за сумісністю СПВ від нафтогазоконденсатних родовищ зі складом природних пластових вод (давніх розсолів).

Задачею корисної моделі є зменшення капітальних витрат за рахунок використання фонду експлуатаційних свердловин від попереднього освоєння нафтогазових родовищ для контролю за поверненням СПВ в надра, підвищення його надійності та забезпечення екологічної безпеки надр і навколишнього

середовища завдяки вибору відповідних гідрогеохімічних показників і контролю за їх змінами.

Для вирішення поставленої задачі пропонується спосіб моніторингу за поверненням супутньо-пластових вод в надра, який включає вибір геологічної структури, складеної проникними пористими та щільними пластами, закачування через нагнітальні свердловини супутньо-пластових вод в проникний пористий пласт геологічної структури, що містить давні розсоли, гідро-геохімічний контроль в процесі закачування і зберігання супутньо-пластових вод, згідно корисної моделі визначають гідрогеохімічні показники сумісності супутньо-пластових вод і давніх розсолів, за їх змінами здійснюють періодичний гідрогеохімічний контроль супутньо-пластових вод в нагнітальних свердловинах від попереднього освоєння нафтогазоконденсатних родовищ і геологічної структури в процесі закачування і зберігання супутньо-пластових вод, додатково контроль за початком кольматації свердловини на вибої здійснюють по зростанню тиску закачування СПВ на усті свердловини, при цьому проникний пористий пласт геологічної структури обирають за показниками мінералізації давніх розсолів, сумісними з показниками мінералізації супутньо-пластових вод.

На дослідженій території України геологічні структури, на яких розміщені промисловоосвоєні нафтогазоконденсатні родовища, складають кайнозойські, мезозойські та палеозойські відклади. Для повернення СПВ використовують переважно тріасові горизонти мезозойських відкладів, проникні пористі пласти яких характеризуються вмістом давніх розсолів (природних пластових вод) зон застійного гідродинамічного режиму. Хімічний склад цих вод визначається в основному ступенем розчинності хімічних з'єднань компонентів, які утворюють гірські породи. Природні пластові води (давні розсоли) являють собою суміш конденсаційних і контурних вод з перевагою останніх. Конденсаційні води характеризуються незначною мінералізацією, яка складає десятки мг/дм<sup>3</sup>. Мінералізація контурних вод набагато вища і досягає 300 і більше мг/дм<sup>3</sup>.

Проникні пористі пласти мають значну потужність і ємкісні властивості, що забезпечує можливість закачування необхідних об'ємів СПВ. Характеризуються задовільними фільтраційними властивостями для забезпечення приймальності нагнітальних свердловин і поширення закачуваних СПВ по пласту. Залягають на значних глибинах, надійно ізольовані зверху і знизу потужними товщами пластів непроникних водоупорів, які не мають виходу на поверхню.

Фізико-хімічні властивості СПВ нафтогазоконденсатних родовищ мають свою специфіку в порівнянні з іншими підземними водами, яка обумовлюється спільним знаходженням вод в одному пласті разом з вуглеводнями. Вивчення особливостей цих вод дозволяє встановити гідрогеохімічні показники, які характеризують не тільки стан свердловини, а взагалі стан обводнення нафтогазового покладу в

цілому, забезпечити сумісність супутньо-пластових вод і давніх розсолів і контроль за екологічною безпекою і надійністю повернення СПВ в надра.

Важливою проблемою при поверненні СПВ в надра є підтримка необхідної концентрації водневих іонів (pH) у них та доведення вмісту зважених речовин, а саме сульфат-іонів і карбонат-іонів, заліза в окисній формі, нафтопродуктів і механічних домішок до визначених норм, які забезпечують сумісність СПВ з природними пластовими водами.

Зважені речовини, які знаходяться у складі СПВ, мають різне походження. Частина їх виноситься з продуктивних пластів разом з рідиною, що видобувається. Більша частина зважених речовин утворюється внаслідок окислення закисного заліза в окисне. За своїм складом зважені речовини розподіляються на мінеральні та органічні. До мінеральних відносяться пісок, глинисті частинки, гідроокис заліза та інші, до органічних - нафтопродукти та деємульгатори. Для визначення граничної величини зважених речовин рекомендується використовувати загальновідомі розрахункові методи, приведені в роботі Гаєва А.Я. "Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности." - Ленинград: Недра, 1981.

Головним ускладненням при поверненні СПВ в надра є випадання в осад гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), карбонатів кальцію та магнію. Проведені хімічні аналізи природних пластових вод вказують на відсутність карбонат-іонів у пластових водах тріасового горизонту ДДЗ та в підземних водах Карпатського регіону, а сульфат-іони присутні у вельми невеликій кількості.

Контроль за сумісністю природних пластових вод і СПВ по вмісту сульфат-іонів і карбонат-іонів здійснюють на стадії пробного закачування для забезпечення сульфат-карбонатної рівноваги, попередження гіпсування та коагуляції нагнітальних свердловин і поглинального проникного пористого пласта. Згідно теоретичних джерел [Глинка Н.Л. "Общая химия." - Ленинград: Химия, 1973] сульфат-іон гіпсу випадає в осад, коли добуток активності компонентів, що утворюють сіль, вище добутку розчинності. Для розрахунків кількості сульфат-іонів при цьому використовують формулу М.В. Зільбермана [Гаєв А.Я. "Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности." - Ленинград: Недра, 1981]. Гранична величина концентрації вмісту сульфат-іону визначається конкретно для кожної станції природоохоронних об'єктів по поверненню СПВ, але не повинна перевищувати  $1500 \text{ мг/дм}^3$ .

В природних пластових водах залізо знаходиться в розчиненому, стані у виді бікарбонату закису заліза. При виході з свердловини під час контакту з повітрям випадає осад гідроокису заліза, який є складовою частиною зважених речовин, кількість яких регламентується, бо їх величина впливає на можливість коагуляції пластів при поверненні СПВ в надра. Багаторічною практикою експлуатації природоохоронних об'єктів

по поверненню СПВ в надра та лабораторними дослідженнями встановлено, що залізо в окисній формі у складі СПВ не повинно перевищувати  $10 \text{ мг/дм}^3$ .

При встановленні граничної концентрації водневих іонів виходять з того, що вона не повинна перевищувати цей показник для природних пластових вод, у яких він коливається від 4,5 до 6,8, що характеризує слабкокисло реакцію води. Тому граничний рівень цього показника для СПВ повинен знаходитися у межах 5-7.

Нафта і нафтопродукти (смоли, асфальтени) є одним з регламентуючих компонентів складу СПВ. Наприклад, частина нафти в СПВ створює на поверхні води плівку, яка частково може бути зв'язана з глинистою суспензією, що міститься у пластовій воді. Інша її частина разом із суспензією осідає на дно ємності в процесі очищення і підготовки до повернення СПВ в надра або залишається разом із зваженими речовинами у завислому стані. Граничний рівень нафтопродукту згідно джерел науково-технічної інформації [Апельцин И.Э. Подготовка воды для заводнения нефтяных пластов. - М.: Гостехиздат, 1960.] приймають рівним близько  $50 \text{ мг/дм}^3$  в залежності від можливостей станцій очищення та підготовки СПВ до повернення в надра, розташованих на природоохоронних об'єктах.

Повернення СПВ може здійснюватися в законтурну частину продуктивних пластів або у проникні пористі пласти з застійним гідродинамічним режимом. Хімічний склад СПВ є подібним до складу пластових вод законтурної або підшовної частини продуктивних пластів, де вони, власне, раніш і знаходились. При цьому повернення СПВ в надра певною мірою сприяє відновленню гідродинамічного режиму пластів, оскільки вони поповнюють деяку частину вилученого її об'єму з продуктивного покладу. Для проникних пористих продуктивних пластів з застійним гідродинамічним режимом хімічний склад СПВ також ідентичний складу природних пластових вод, а розбіжність спостерігається лише в співвідношенні кількісного вмісту тих або інших компонентів.

Зменшення цих розбіжностей і повинен забезпечити запропонований спосіб моніторингу за поверненням СПВ в надра, що в свою чергу дозволяє підвищити його надійність та екологічну безпеку надр і навколишнього середовища завдяки вибору відповідних гідрогеохімічних показників і постійному контролю за їх змінами для здійснення хімічної сумісності СПВ і природних пластових вод.

Вибір природоохоронного об'єкту та нагнітальних свердловин для реалізації способу моніторингу за поверненням СПВ в надра здійснюють, виходячи із наявності на об'єкті необхідних проникних пористих пластів з подібною до мінералізацією до складу СПВ гідрогеохімічною зоною, даних про припинення економічно-обґрунтованого видобутку вуглеводнів через зниження дебіту та пластових тисків в експлуатаційних свердловинах, необхідних для подальшого промислового освоєння родовища.

При цьому експлуатаційні свердловини використовують одночасно як нагнітальні та контрольні.

При виборі пластів для закачування СПВ враховують загально прийняті в нафтогазовій і гірничодобувній галузях вимоги, які пред'являються до властивостей проникних пористих пластів поглинаючих горизонтів, а саме: наявність граничних умов, що визначають розміри водоносного горизонту у плані і розрізі; відповідні ємнісні властивості, що обумовлюють можливість закачування необхідних обсягів СПВ; фільтраційні властивості, які забезпечують гарантовану приймальність свердловини і характер поширення СПВ по пласту; надійну ізолюваність зверху і знизу потужними товщами пластів водонепроникливих порід; достатню потужність; літологічний склад проникних пористих пластів, які обрані у якості поглинаючого горизонту, і хімічний склад СПВ повинні виключати погіршення приймальності поглинаючого горизонту. Обрані для повернення СПВ пласти не повинні містити прісних, бальнеологічних і промислових вод, для визначення чого проводять попередні гідрогеологічні і гідрогеохімічні дослідження.

При обґрунтуванні вибору проникних пористих пластів використовують також результати гідрогеологічних і гідрогеохімічних їх досліджень на перевірку сумісності природних пластових вод (давніх розсолів) за мінералогічним складом з СПВ і промстоками, керуючись загальновідомими рекомендаціями для проведення таких досліджень [наприклад: Буслаков А.В., Ильковский К.Б., Шпак А.А. "Временные рекомендации по изучению поглощающих горизонтов и проектированию закачки промстоков газодобывающих предприятий." Утверждены Техуправлением Мингазпрома от 02.07.1976, ВНИПИгаздобыча.; Боровская В.А., Гаврилов И.Г., Гольдберг В.М. "Гидрогеологические исследования для захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты.", Москва: "Недра", 1976; В.Н Корценштейн. "Методика гидрогеологических исследований нефтегазоносных районов. - Москва: "Недра", 1991; Г.А. Зотов, З.С. Алиев. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин. -Москва: "Недра", 1980].

Подачу СПВ на природоохоронний об'єкт, обраний для повернення СПВ надра, здійснюють безпосередньо з промислів нафтогазоконденсатних родовищ.

Приклад реалізації способу моніторингу за поверненням супутньо-пластових вод в надра.

Експлуатацію декількох експлуатаційних свердловин Опішнянського родовища у якості природоохоронного об'єкта з повернення СПВ у надра здійснюють з початку 1995 року, тобто з моменту припинення промислового видобутку вуглеводнів. З самого початку вводу об'єкта в експлуатацію і за станом на цей час повернення СПВ здійснюють у проникний пористий пласт тріасового водоносного горизонту в інтервалі залягання 1490-1522м. Потужність розкритої бурінням частини тріасового горизонту складає

32м, ефективна пористість проникного пласта складає близько 20%.

СПВ на об'єкт поступають з діючих промислово-експлуатаційних свердловин Опішнянського газоконденсатного родовища, а також з Солохівського та Котелевського газових родовищ.

На об'єкті діють нагнітальні свердловини від попередньої промислової експлуатації Опішнянського газоконденсатного родовища, видобуток вуглеводів з якого був припинений через падіння дебіту і пластових тисків. Це свердловини: 106 та 120. З початку 2004 року процес закачування СПВ в ці свердловини здійснюється поперемінно для покращення технологічного процесу.

Моніторинг за гідрохімічними показниками способу повернення СПВ в надра здійснюють періодично, а саме раз в два тижня.

Для цього відбирають проби після установки підготовки супутньо-пластової води і здійснюють їх аналіз за обраними гідрогеохімічними показниками для визначення кількісних характеристик і їх відповідності визначеним нормам, які забезпечують сумісність СПВ з природними пластовими водами.

Концентрацію водневих іонів (рН) визначають на приборах: іонометрах марки І-160М, потенціометрах та рН-тестерах. Коливання показників рН за період експлуатації природоохоронного об'єкта становило 4,8-6,6, що знаходиться в встановлених межах граничних концентрацій водневих іонів.

Вміст сульфат-іонів визначають згідно широко відомого вагового методу, заснованого на утворенні у кислому середовищі важкорозчинного осаду сульфату барію при дії хлористого барію на сірчанокислі солі [див. Лурье Ю.Ю. - "Унифицированные методы анализа воды." Москва: Химия, 1971]. Коливання показників сульфат-іонів за період експлуатації природоохоронного об'єкта становило 78,17-417,16мг/дм<sup>3</sup>, що значно менше визначеної граничної концентрації цього показника для природоохоронних об'єктів - 1500мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрацію заліза в окисній формі визначають стандартним методом титрування [див. Лурье Ю.Ю. - "Унифицированные методы анализа воды." Москва: Химия, 1971]. Коливання показників заліза в окисній формі за період експлуатації природоохоронного об'єкта становило 0-10мг/дм<sup>3</sup>, що не перевищує встановлених граничних значень цього показника.

Вміст кількості нафтопродуктів визначають за допомогою стандартних приладів, які є в наявності на природоохоронному об'єкті, а саме: аналізатор АН-2, спектрофотометр, комплект для аналізу нафтопродукту в воді, концентратометр ІКМ - 02. Коливання вмісту кількості нафтопродуктів за період експлуатації природоохоронного об'єкта становило від наявності слідів до 50мг/дм<sup>3</sup> в залежності від якості роботи нафтовловлювача, що не перевищує встановлених граничних значень цього показника.

Вміст механічних домішок визначають загальновідомим розрахунковим методом згідно

формулі, наведеної в роботі Гаєва А.Я. "Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности." - Ленинград: Недра, 1981. Коливання вмісту механічних домішок в СПВ за період експлуатації природоохоронного об'єкта склало від 94,8 до 200г/л (в залежності від роботи очисного фільтра), що не перевищує 216г/л - величини встановленого граничного показника.

Всі визначені гідрогеохімічні показники за період експлуатації Опішнянського природоохоронного об'єкта знаходяться в межах встановлених граничних норм, забезпечують сумісність СПВ і давніх розсолів, при цьому не зафіксовано погіршення стан нагнітальних свердловин і поглинального пласта через їх кольматацію та випадання осадів.

Запропонований спосіб моніторингу за поверненням СПВ в надра має наступні переваги. Використання фонду експлуатаційних свердловин від попереднього освоєння нафтогазоконденсатних родовищ в якості

нагнітальних і контрольних дозволяє зменшити капітальні витрати. Періодичний контроль за гідрогеохімічними показниками дозволяє попередити кольматацію свердловинного обладнання і поглинального пласта, зменшити можливість виникнення аварійних ситуацій, збільшити межремонтний період.

Технічним результатом запропонованого способу моніторингу за поверненням супутньо-пластових вод і промстоків в надра є підвищення його надійності та екологічної безпеки надр і навколишнього середовища завдяки вибору відповідних гідрогеохімічних показників і періодичному контролю за їх змінами для забезпечення хімічної сумісності природних пластових вод і СПВ.

Корисна модель може бути використана як в нафтогазовій, гірничодобувній, так і в суміжних галузях народного господарства для контролю за поверненням супутньо-пластових вод та рідких промислових стоків в надра.