

# Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 622.276.7:622.245.43

## ІСПИТ НА ВИЖИВАННЯ І ДЕЯКІ КОНКРЕТНІ РІШЕННЯ ОДНІЄЇ З ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ

П.С. Мазурок, А.Б. Скочеляс, І.І. Радченко, М.О. Прілій, В.Я. Скиданчук

ТОВ «УкрСКС», 08140, Київська обл., Києво-Святошинський р-н,  
с. Білогородка, вул. Шевченка, 162-А; e-mail: newtechnology@sks-gk.com

*Присвячено стану екосфери нашої Планети та наслідкам впливу на нього техногенної діяльності людства, а саме, нафтогазової галузі. Обґрунтовано можливість зменшення згубного впливу на екологію об'єктів нафтогазової промисловості шляхом якісного цементування нафтових та газових свердловин. ТОВ «УкрСКС» – піонер у створенні і широкому застосуванні матеріалів тампонажних розширних (РТМ) та цілого ряду його модифікацій, які сприяли значному покращенню контакту цементного каменю з обмежувачими поверхнями у свердловині. Наразі пропонується постійно проводити оцінку всіх тампонажних матеріалів (ТМ) для цементування. Пропонується досліджувати ТМ за методикою, не передбаченою існуючими стандартами, а саме, створеним компанією приладом ОГК-01. Він дає змогу у дуже простий спосіб виміряти тиск прориву води або газу по контакту цементного каменю з металевою поверхнею. Останнє дає виробникам можливість правильного вибору ТМ серед широкого розмаїття пропозицій ринку.*

Ключові слова: цементування свердловин, тампонажні матеріали (ТМ), контакт цементного каменю, матеріали тампонажні розширні (РТМ), тиск прориву, прилад ОГК-01, забруднення вуглеводнями екосфери.

*Посвящается состоянию экосферы нашей Планеты, и результатам влияния на неё техногенной деятельности человечества, а именно нефтегазовой отрасли. Обосновывается возможность уменьшения пагубного влияния на экологию объектов нефтегазовой промышленности путем качественного цементирования нефтяных и газовых скважин. ООО «УкрСКС» – пионер в создании и широком использовании расширяющихся тампонажных материалов (РТМ) и целого ряда его модификаций, которые способствовали значительному улучшению контакта цементного камня с ограничивающими поверхностями в скважине. Предлагается постоянно проводить оценку всех тампонажных материалов (ТМ) для цементирования. Предлагается исследовать ТМ по методике, не предусмотренной существующими стандартами, а именно созданным компанией прибором ОГК-01. Он позволяет очень просто провести замер давления прорыва воды или газа по контакту цементного камня с металлической поверхностью. Это позволяет производителям произвести правильный выбор ТМ среди широкого разнообразия рыночных предложений.*

Ключевые слова: цементирование скважин, тампонажные материалы (ТМ), контакт цементного камня, расширяющиеся тампонажные материалы (РТМ), давление прорыва, прибор ОГК-01, загрязнение углеводородами экосферы.

*It is devoted to the state of ecosystem of our Planet and the pernicious influence of the mankind's industrial activity, in particular, the oil and gas industry on it. A reduction of the pernicious influence by means of an adequate cementing of oil and gas wells is substantiated. UkrSKS LLC is a pioneer in the field of building and wide application of the expanding backfill materials (EBM) and a number of its modifications, which have contributed to a considerable improvement of the cement stone contact with the limiting surfaces in wells. Now, it is necessary to make a continuous evaluation of all the backfill materials (BM) offered for cementing. It is proposed to investigate the BM making use of the methods not stipulated by the existing standards; by means of OGK-01 (OGK-01) instrument built by the company. That makes it possible to use a simple method of measuring the water or gas inrush pressure by the cement stone contact with the metal surface. The last gives the possibility to the industrialists of correct BM selection among a wide variety of the market supply.*

Keywords: wells cementation, backfill materials (BM), cement stone contact, expanding backfill materials (EBM), inrush pressure, OGK-01 instrument, pollution the ecosystem by the carbons.

XXI століття з усією гостротою поставило перед нашою цивілізацією завдання – як в умовах глобальної технократії, найвищих досягнень у технічному розвитку цивілізації зберегти саму цивілізацію, а точніше середовище її існування. Так, останні дослідження вчених провідних університетів різних країн дають однозначні сумні висновки:

1. Основні ресурси Планети знаходяться на межі повного виснаження: їх не вистачить до кінця цього століття.

2. Навколишнє середовище (водні ресурси) знаходяться також на межі, за якою людство не зможе існувати, і вже сьогодні розплачується за прогрес важковиліковними захворюваннями.

Що ж робити? На сьогодні наша цивілізація не може, а точніше не готова відмовитися від використання «високих» технічних досягнень, які втілені в світову промисловість, гублять поверхню і надра Землі, водні і повітряні ресурси.

Надії XX-XXI ст. на використання в енергетиці керуваного термоядерного синтезу та керування гравітаційним полем, що дало б можливість перевести людство на якісно новий рівень енергоспоживання, так і залишилися сподіваннями. Зменшити рівень енергоспоживання на виробництво одиниці будь якої продукції, хоча б у 10 разів, сьогодні також майже неможливо. При цьому ми знаходимося лише на початку шляху із задоволення наших енергетичних запитів за рахунок інших поновлюваних екологічно безпечних джерел енергії. У зв'язку з цим є один вихід зі складної ситуації – це мінімізувати, якщо не звести до нуля, всі шкідливі впливи на екосферу. Це – шкідливі викиди в атмосферу, у води річок, світового океану та в земні надра.

Мабуть не потребує доведення факт, що шкоду прісноводним ресурсам Планети завдає майже займає промисловість Планети. Тут своє місце займає паливно-енергетичний комплекс, що включає нашу нафтогазову галузь, але у забрудненні світового океану нафтогазова галузь є лідером. Щоб переконатися в цьому, досить переглянути статистику забруднень світового океану та його джерела за період хоча б з 1978 р. Тут перед нами постане жахлива картина збитку, нанесеного океану його флорі і фауні від аварій і катастроф, пов'язаних з експлуатацією нафтогазових родовищ на шельфі і транспортом нафти та продуктів перероблення нафти далеким від досконалості танкерним флотом, часто навіть не готовим до вирішення цих завдань, не свідомий всієї відповідальності, пов'язаної з цим. Чого лише варта аварія, що трапилась 20 квітня 2010 р. в Мексиканській затоці на буровій платформі «Deepwater Horizon», призначеній для експлуатації свердловини «Machundo» з гирлом, розташованим на глибині 1650 м, яку вважають однією з найбільших техногенних катастроф у світовій історії. Під час цієї аварії у воді світового океану за найскромнішими оцінками потрапило 545 тис. т нафти. При цьому на глибинах близько 1000 м залишається значна неврахована кількість наф-

тових скупчень. Екосистема регіону постраждала на десятиріччя. При цьому лишилися нез'ясованими наслідки катастрофи у найближчому майбутньому для інших континентів. Висновок про причини аварії – потужний прорив газу на гирлі, пов'язаний з незадовільною якістю кріплення!

Відомо, але, на жаль, не всі приділяють цьому багато уваги, що найважливішою ланкою в будівництві свердловини є надійне і довговічне кріплення. Останнє десятиріччя принесло багато нового і корисного у галузі кріплення нафтових і газових свердловин. Здавалося б, успіхи очевидні, що підтверджено численними конференціями, різного роду форумами, публікаціями в періодиці. Однак час економічної кризи загострив питання, які раніше не викликали занепокоєння. Сюди відносяться чинники, що впливають на зниження рівня видобутку вуглеводневої сировини і незадовільну екологічну безпеку. Щодо зниження ефективності експлуатації фонду діючих свердловин, тут існує багато причин. Ми хочемо торкнутися однієї з них – проблеми надійного та довготривалого кріплення свердловин. Саме з невирішеними проблемами в цій області часто бувають пов'язані закордонні перетікання, різке обводнення продукції, порушення норм охорони навколишнього середовища тощо. Саме це змусило апарат компанії УкрСКС негайно взятися за розробку нових підходів до цементування свердловин, пов'язаних з новою прогресивною методикою оцінки тампонажних матеріалів, що спираються на НДР і статистичний аналіз результатів робіт з цементування свердловин в різних нафтогазоносних районах України і Російської Федерації.

Одним з найважливіших понять у загальному обсязі термінології, що відноситься до галузі нафтової і газової промисловості, є глибоке і містке за змістом визначення терміну «будівництво нафтових і газових свердловин». Саме це поняття передбачає складний багатфакторний і поетапний технологічний процес. Тож якість пробуреної свердловини (або в зазначених вище термінах «збудованого об'єкта») вимагає якісного виконання всіх етапів будівництва з максимально можливим урахуванням супутніх цьому процесу чинників. Для кращого розуміння критеріїв якості свердловини як складної інженерної споруди – залізобетонної конструкції, слід, в першу чергу, враховувати призначення цього об'єкта. З метою точного визначення призначення свердловини можна використовувати таке коротке формулювання: закінчена будівництвом нафтова і газова свердловина є інструментом для вилучення вуглеводневої продукції з відповідних експлуатаційних зон, розташованих на різній глибині в гірничо-геологічних умовах різного ступеня складності. У цьому контексті під якість свердловини як об'єкта, зазначеного вище призначення, слід розуміти її здатність сприймати знакозмінні механічні та гідродинамічні навантаження, що виникають в процесі тривалої експлуатації без виникнення незворотних негативних змін осно-

вних конструкційних характеристик, які можуть призвести до повної або часткової втрати експлуатаційних можливостей свердловини. У ряді випадків умови експлуатації свердловин можуть значною мірою ускладнитися хімічним впливом на елементи конструкції або пластових флюїдів або закачаних в свердловину технологічних рідин, проведенням гідророзриву пласта (ГРП). При цьому величезне значення має збереження гідроізолюючих властивостей цементного каменю в часі. Ця здатність кріплення залежить від властивостей цементного каменю, а саме: зміни структури і фізико-механічних характеристик у процесі розвитку гідратованої тампонажної системи в умовах свердловини (в першу чергу, зміна міцнісних характеристик), корозійної стійкості каменю при контактуванні з різними агресивними середовищами, кількості циклів навантажень різного роду, які здатний витримувати цементний камінь без критичного порушення структури. Принагідно зазначимо, що саме такими властивостями володіють тампонажні матеріали, що розширюються (РТМ). Піонерами у розробці, промислового виробництва і впровадженні РТМ в процесах цементування на свердловинах родовищ України і Російської Федерації є ВАТ «УкрСКС» [1].

Серед параметрів, що визначають якісні характеристики готового до експлуатації об'єкта, найважливішими є параметри, що відносяться до оцінок результатів кріплення обсадних колон. У даний час існує ряд методик оцінки якості кріплення, які умовно можна поділити на прямі і непрямі. До умовно прямих методик оцінки якості кріплення можна віднести такі геофізичні методи досліджень: різні способи акустичної цементометрії (АКЦ), СГДТ, ОЦК, визначення ексцентриситету колони відносно осі свердловини. Умовно непрямі методи можна поділити на такі групи: аналіз експлуатаційних характеристик діючих свердловин, визначення наявності заколонної циркуляції геофізичними методами, лабораторні тестові та стендові випробування тампонажних систем. Кожна із зазначених методик має як переваги, так і недоліки, проте рамки цієї статті не дають можливості докладного розкриття зазначеної проблеми, тому відповідно до обраної тематики увагу буде акцентовано на питаннях, пов'язаних з оцінкою ефективності тампонажних систем, що визначаються лабораторними і стендовими методами. При цьому слід враховувати, що максимально об'єктивна оцінка результатів кріплення можлива тільки при використанні всього комплексу методів, тому в практичному застосуванні остаточний вибір, а також коригування методів цементування і властивостей тампонажних систем проводиться з урахуванням реальних результатів на свердловинах. Однак, важко заперечувати виняткову інформаційну важливість проведення лабораторних тестових аналізів і стендових випробувань як з використанням стандартних методик, відображених у нормативних документах, так і нестандартних досліджень з максимально точним моделюван-

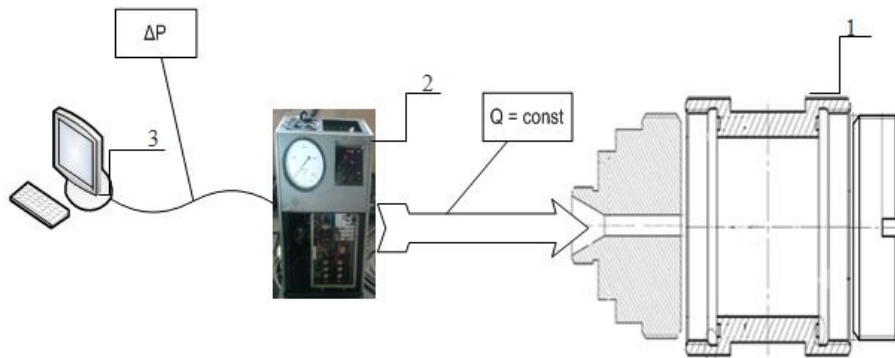
ням умов свердловини, особливо якщо врахувати ту обставину, що умовно прямі методи оцінки мають ряд істотних недоліків. Зупинимося детальніше на методах досліджень і стендових випробуваннях, а також тих властивостях тампонажних систем, які по-суті є найбільш важливими при вирішенні зазначених вище питань. У нормативних документах, які регламентують роботи з цементування свердловин, чітко фіксується ряд основних вимог до тампонажних матеріалів і тампонажних розчинів, а також детально описується методика проведення тестових лабораторних випробувань з використанням стандартних серійних приладів. Обсяг, таким чином, передбачених досліджень є мінімально необхідним для принципового проведення робіт на свердловинах, проте явно недостатнім для об'єктивної оцінки ефективності використання тих чи інших тампонажних систем в умовах реальних свердловин. Розглянемо трохи детальніше значущість основних властивостей тампонажних систем, які визначаються в ході стандартних випробувань і, як нами пропонується, необхідність у визначенні параметрів, за допомогою методик та обладнання, використання яких в даний час не передбачено нормативними документами на застосування тампонажних матеріалів.

1. Параметри, які визначаються за допомогою стандартних приладів, а також з використанням нестандартних приладів і стендів. У разі використання стандартних приладів може бути застосована методика, не відображена в нормативних документах. Як приклад можна навести визначення зміни міцності зразків цементного каменю впродовж досить тривалого часу, сформованих в нестандартних термобаричних умовах, визначення щільності цементного тіста після кондиціонування в термобаричних умовах тощо. У разі застосування нестандартних приладів і стендів застосовується спеціально розроблена методика. Ці параметри також можна об'єднати за такою важливою ознакою: однозначність значення показника в системі «краще-гірше» при інших рівних показниках. Приклади: збільшення показника міцності з часом безперечно краще з точки зору збереження ізолювальних властивостей цементного каменю. Або підвищення параметра водовідділення є безперечно погано з точки зору забезпечення надійного контакту цементного кільця з колоною і з породою (те ж стосується показника зміни об'єму цементного каменю – зменшення в разі контракції – гірше, збільшення в разі розширення – краще).

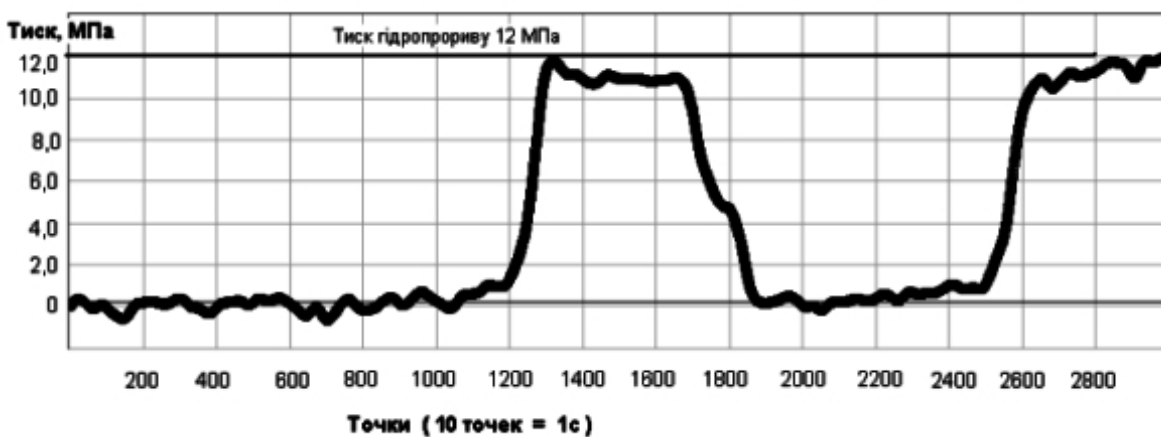
Досвід нашої компанії свідчить, що марно сподіватись на успіх у процесі цементування свердловин без врахування таких параметрів та їх змін у часі:

- зміна міцності цементного каменю протягом тривалої витримки зразків у нейтральному середовищі (крива зміни міцності);

- корозійна стійкість цементного каменю при витримці зразків в агресивному середовищі;



1 – випробувальна комірка; 2 – насосний блок з давачем тиску; 3 – блок електронної реєстрації  
**Рисунок 1 – Схема установки ОГК-01 для оцінювання герметичності контактування цементного каменю з обмежуючою металевою поверхнею**



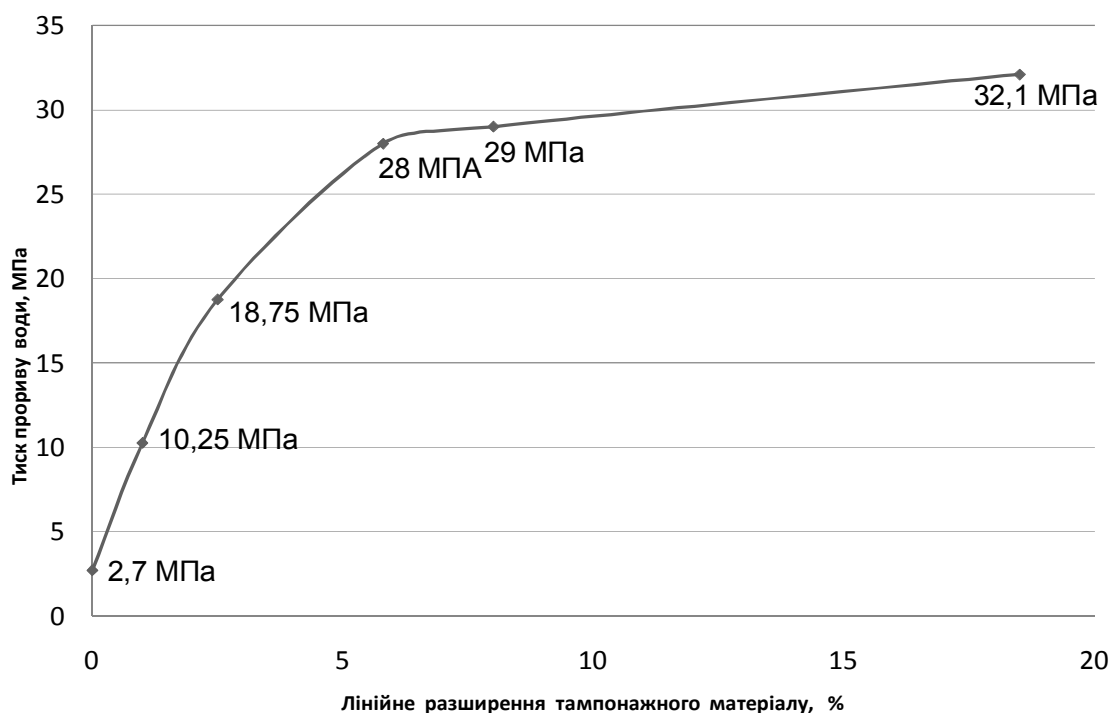
**Рисунок 2 – Типова крива зміни тиску при подачі робочої рідини до випробувальної комірки, заповненої цементним каменем, що відображається на дисплеї блоку електронної реєстрації ОГК-01**

- зміна об'єму цементного каменю у часі;
- проникність цементного каменю;
- зміна міцнісних характеристик цементного каменю в випадку аномально низьких температур;
- зміна міцнісних характеристик цементного каменю в випадку аномально високих температур;
- зміна міцнісних характеристик цементного каменю в разі температур, що динамічно або циклічно змінюються;
- тиск прориву води або газу по контакту цементного каменю з колоною і з породою у моделі, що імітує систему «обсадна колона – цементне кільце – порода».

Зазначимо, що таке дослідження вже сьогодні можна провести на розробленому та створеному ТОВ «УкрСКС» [2] приладі ОГК-01. Схематично прилад зображено на рис. 1; він складається з трьох основних блоків: 1- випробувальна комірка, 2 - насосний блок з давачем тиску, 3 - блок електронної реєстрації. Для проведення випробування у випробувальній комірці формують зразок цементного каменю за необхідних термобаричних умов. Після формування цементного каменю випробувальна комірка через штуцер приєднується до насосного блоку; одночасно сигнал, пропорційний тиску

(від давача тиску) потрапляє до блоку електронної реєстрації приладу, для оцінки герметичності контакту цементного каменю з обмежуючою металевою поверхнею. Фактично прилад ОГК-01 є гідравлічною машиною для нагнітання до випробувальної комірки робочої рідини із заданою продуктивністю і фіксування характеру зміни тиску нагнітання у електронному вигляді. Робоча рідина нагнітається у випробувальну комірку до прориву її по контакту між зразком цементного каменю та металевою циліндричною стінкою (випробувальної комірки) до моменту стабілізації тиску, що виникає під час прориву робочої рідини через цей контакт. Характер зміни тиску фіксується у електронному вигляді та візуально спостерігається оператором на моніторі блоку електронної реєстрації (рис. 2). Результати обробки досліджень на приладі ОГК-01 відображені на рис. 3 графіком залежності тиску прориву води через контакт цементного каменю з обмежуючою металевою поверхнею від коефіцієнта розширення тампонажних матеріалів, що виробляються ТОВ "УкрСКС".

Слід враховувати, що застереження «за інших рівних» означає, що в реальних умовах важко досягти зміни величини одного параметра без зміни інших, проте в разі стабілізації ве-



**Рисунок 3 – Залежність тиску прориву води через контакт цементного каменю з обмежуючою металевою поверхнею від коефіцієнта розширення тампонажних матеріалів ТОВ "УкрСКС", що отримано з даних ОГК-01**

личин решти параметрів, однозначність величини параметра в системі «краще-гірше» не викликає сумнівів. У випадку зміни величин всіх параметрів необхідно керуватися принципом їх оптимального співвідношення, з точки зору максимальної ефективності роботи цементного каменю в свердловині.

2. Параметри, які визначаються за допомогою методик та обладнання, використання яких наразі не передбачено нормативними документами на застосування тампонажних матеріалів. При цьому зазначені методики та обладнання можна поділити на дві категорії: такі, що використовуються в інших галузях, та такі, що були розроблені спеціально для випробовування тампонажних матеріалів. Ці параметри визначаються у різноманітних дослідженнях, які умовно поділимо на три групи:

а) визначення точного хімічного, мінералогічного та структурного складів сухого тампонажного матеріалу і цементного каменю, за допомогою методів і приладів, які наразі використовуються в інших галузях індустрії (насамперед в області виробництва цементів загального призначення), а також в наукових організаціях. До цих методів відносяться методи вивчення мікроструктури цементного каменю з використанням мікроскопів різного типу.

б) Вивчення фізико-механічних характеристик цементного каменю: модуль пружності, твердість, значення межі пружності, межі пластичності, межі міцності, абсолютний показник пластичності (визначені за значенням залишкових незворотних деформацій), показник крихкості, ударна міцність, або величина енергії руйнування.

с) Аналітичні дослідження, що дають нам теоретичну інформацію про характер процесів гідrataції тампонажного матеріалу та розвиток цементного каменю на хімічному рівні, з урахуванням даних про склад і середовище формування. Вказані параметри не мають властивості однозначності в системі «краще-гірше» з двох причин: вказані параметри можуть служити або джерелом додаткової інформації в процесі прогнозування поведінки тампонажних систем як, наприклад, у випадку використання даних про хімічну структуру матеріалів і цементного каменю, а також даних про мікрофізичну структуру, або служити основою для більш складного обґрунтування оптимальності, шляхом механічного розрахунку поведінки системи «обсадна колона - цементне кільце - стінка свердловини», або іншої логічної дії за сукупністю характеристик, як у випадку обробки даних про фізико-механічні характеристики цементного каменю (в цьому випадку береться до уваги не тільки те, що має значення тільки сукупність характеристик, але і те що ці параметри не можуть бути незалежні один від одного). Таким чином, зазначена група параметрів повинна використовуватися далі в процедурі більш складного прогнозу поведінки тампонажної системи в умовах реальної свердловини.

Зазначимо важливість і нагальну необхідність такого підходу у визначенні властивостей тампонажних матеріалів і отриманого з них якісного цементного каменю, здатного до тривалого збереження своїх властивостей в складних умовах експлуатації свердловин. Це особливо важливо сьогодні, коли ринок тампонажних матеріалів переповнений матеріалами сум-

нівної якості, але за цінами, нижчими від цін на якісні тампонажні матеріали. Іноді навіть відомі компанії-оператори та сервісні компанії, намагаючись зменшити витрати на будівництво свердловин на 1%, беруть ці більш дешеві матеріали, забуваючи, що можуть отримати від цього збитки 100%...1000% або ще більші. При цьому остаточно оцінка якості неодмінно має спиратися на статистичний промисловий матеріал, який свідчить про результати застосування різних тампонажних систем. Процедура оброблення цієї інформації відноситься до розряду досить складних, про що ми детально розповімо наступного разу.

### **Література**

1 Мазурок П. Особенности крепления скважин в условиях водоплавающих залежей нефти Калининградской области / П. Мазурок // Сборник трудов научно-практической конференции «GЕOPETROL-2000»; [Prace nr 110, редкол.: М.Чехановська (отв. ред.)]. – Краков, 2000. – С. 561-564. – PL ISSN 0209 - 0724.

2 Спосіб та установка для визначення тиску гідропрориву цементного каменю / А.Б. Скочеляс, П.С.Мазурок, С.В.Зубков, Я.С.Гаврилов, Коробочкін, М.А.Плахетко І.І. – Заявл. 14.06.2011. – Опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21, 2011. – (Патент України на винахід № 96561 МПК (2006.01) G01N 3/12,G01M 3/04,E21B 33/13,G01N 33/38).

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
23.01.13*

*Рекомендована до друку  
професором **Мойсишиним В.М.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором **Свідерським В.А.**  
(НТУУ «КПІ», м. Київ)*