

*Л.В. ФІРСУНІНА, В.М. АХМЕТОВА, І.Г.ЗЕЗЕКАЛО*

## **ПРОБЛЕМИ ЗАКОЛОННИХ ПЕРЕТОКІВ В СВЕРДЛОВИНАХ З БІЧНИМИ СТОВБУРАМИ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИМ ВИБОЄМ**

У статті проаналізовано основні причини флюїдопроявів, які виникають в свердловинах з бічними стовбурами та горизонтальним вибоєм на стадії спорудження і при експлуатації свердловин. Встановлено, що флюїдопрояви обумовлені в основному конструктивними особливостями таких свердловин. Наявність заколонних і міжпластових перетоків, в разі невчасного виявлення і ліквідації, може призвести до викидів, аварій і масштабних екологічних катастроф. Причиною більшості ускладнень на етапах будівництва та експлуатації свердловин є гідравлічний зв'язок розкритих бурінням флюїдонасичених пластів зі стовбуром, який супроводжує всі наступні періоди експлуатації свердловин. Для вирішення даного завдання необхідне проведення ремонтно-ізоляційних робіт з ліквідації заколонних перетоків на свердловинах з горизонтальними ділянками з використанням блокуючих рідин для тимчасової ізоляції перфорованої частини експлуатаційної колони. Запропоновані технологічні рішення з ліквідації міжколонних перетоків шляхом закачування блокуючих тампонуєчих складів у інтервали перетікання рідин чи газів, встановленням відсікаючих мостів для захисту продуктивних пластів від тампонажного матеріалу; проведенням ізоляційних робіт через верхню частину зони перфорації. Авторами запропоновано актуальні напрямки розвитку існуючих технологій ізоляції, з врахуванням особливостей проведення робіт у горизонтальних свердловинах, в конструкції яких використовують незацементовані хвостовики-фільтри з використанням фізико-хімічних та механічних рішень. Підібрана технологія і матеріали повинні забезпечувати заповнення складом всього пористого середовища і каналів у свердловині та присвердловинній ділянці гірських порід, а також оптимальне структуроутворення складу в технологічно прийнятні терміни.

**Ключові слова:** свердловина; горизонтальний вибій; заколонне перетікання; блокуючий тампонажний склад, ізолюючий розчин.

*Л.В. ФІРСУНІНА, В.М. АХМЕТОВА, І.Г. ЗЕЗЕКАЛО*

## **ПРОБЛЕМЫ ЗАКОЛОННЫХ ПЕРЕТОКОВ В СКВАЖИНАХ С БОКОВЫМИ СТОЛБАМИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ЗАБОЕМ**

В статье проанализированы основные причины флюидопроявлений, которые возникают в скважинах с боковыми стволами и горизонтальным забоем на стадии строительства и при эксплуатации скважин. Установлено, что флюидопроявления обусловлены в основном конструктивными особенностями таких скважин. Наличие заколонных и межпластовых перетоков, в случае несвоевременного выявления и ликвидации, может привести к выбросам, авариям и масштабным экологическим катастрофам. Причиной большинства осложнений на этапах строительства и эксплуатации скважин является гидравлическая связь раскрытых бурением флюидонасыщенных пластов со стволом, который сопровождает все последующие периоды эксплуатации скважин. Для решения данной задачи необходимо проведение ремонтно-изоляционных работ по ликвидации заколонных перетоков на скважинах с горизонтальными участками с использованием блокирующих жидкостей для временной изоляции перфорированной части эксплуатационной колонны. Предложенные технологические решения по ликвидации межколонных перетоков путем закачки блокирующих тампонирующих составов в интервалы перетекания жидкостей или газов, установлением отсекающих мостов для защиты продуктивных пластов от тампонажного материала; проведением изоляционных работ через верхнюю часть зоны перфорации. Авторами предложены актуальные направления развития существующих технологий изоляции, с учетом особенностей проведения работ в горизонтальных скважинах, в конструкции которых используются незацементированные хвостовики-фильтры с использованием физико-химических и механических решений. Подобранные технология и материалы должны обеспечивать заполнение составом всей пористой среды и каналов в скважине и прискважинной области горных пород, а также оптимальное структурообразование состава в технологически приемлемые сроки.

**Ключевые слова:** скважина; горизонтальный забой; заколонный переток; блокирующий тампонажный состав, изолирующий раствор.

*L. V. FIRSUNINA, V. M. AKHMETOVA, I. H. ZEZEKALO*

## **COLUMN OVERFLOWS IN WELLS WITH SIDE SHAFTS AND HORIZONTAL BOTTOM PROBLEMS**

The article analyzes the main causes of fluid manifestations that occur in wells with side shafts and horizontal bottom at the stage of construction and operation of wells. It is established that the fluid manifestations are mainly due to the design features of such wells. The presence of overflow and interstratal overflows, in case of untimely detection and liquidation, can lead to emissions, accidents and large-scale environmental disasters. The cause of most complications at the stages of construction and operation of wells is the hydraulic connection of the drilled fluid-saturated formations with the wellbore, which accompanies all subsequent periods of well operation. To solve this problem, it is necessary to carry out repair and

© Л.В. Фірсуніна, В.М. Ахметова, І.Г.Зезекало, 2021

insulation works to eliminate overflow flows in wells with horizontal sections using blocking fluids for temporary insulation of the perforated part of the production string. Technological solutions for the elimination of intercolumn flows by pumping blocking tamponing compositions in the intervals of flow of liquids or gases, the installation of cut-off bridges to protect the productive layers from the cement material; carrying out insulation work through the upper part of the perforation zone. The authors propose the current directions of development of existing insulation technologies, taking into account the peculiarities of work in horizontal wells, in the construction of which use non-cemented shank-filters using physico-chemical and mechanical solutions. The selected technology and materials should ensure the filling of the entire porous medium and channels in the well and downhole section of rocks, as well as the optimal structure of the composition in a technologically acceptable time.

**Keywords:** well; horizontal bottom; overflows; blocking compound, insulating solution.

Стале нарощування видобутку нафти та газу на родовищах України, особливо в останні роки, відбувається за рахунок удосконалення традиційних і впровадження нових методів впливу на привибійну зону видобувних свердловин [1, 2, 3, 4].

На початок 2020 року випробувано понад 150 технологій, з яких найбільш ефективними виявилися: закінчування свердловин горизонтальним вибоєм (ГС, БГС), ОПЗ хімічними методами та гідравлічні розриви пласта (ГРП). Обсяг застосування цих методів від загального обсягу впливу на пласти склав 70 %, середній технологічний ефект у порівнянні з іншими методами зріс більш ніж в 7,5 разів.

Разом з тим, щорічне зростання в діючому фонді свердловин ГС і БГС поставив перед промисловиками ряд складних технічних задач з їх експлуатації, що потребують свого вирішення. До першочергових з них відносяться роботи з ізоляції заколонних перетоків і ділянок прориву пластових вод до горизонтальних вибоїв. У такого типу свердловинах

більшість технологічних операцій ускладнено малим діаметром хвостовика (для БГС), великою довжиною горизонтального вибою та перфорованого фільтра, положенням щодо горизонтального стовбура ділянки припливу води та конструкцією вибою.

Наявність заколонних і міжпластових перетоків, в разі невчасного виявлення і ліквідації, може призвести до викидів, аварій і масштабних екологічних катастроф. На вирішення питань усунення наслідків необхідно буде витратити значну кількість часу і коштів, а інколи це може привести до повної ліквідації свердловини. Напрямок дослідження і розвитку технологій ліквідації заколонних і міжпластових перетоків є надзвичайно важливим і перспективним.

В роботі розглянута технологія ізоляції заколонних перетоків в свердловинах з бічними стовбурами та горизонтальним вибоєм. Основні сучасні уявлення про причини флюїдопроявлень в свердловинах наведено на рис. 1.

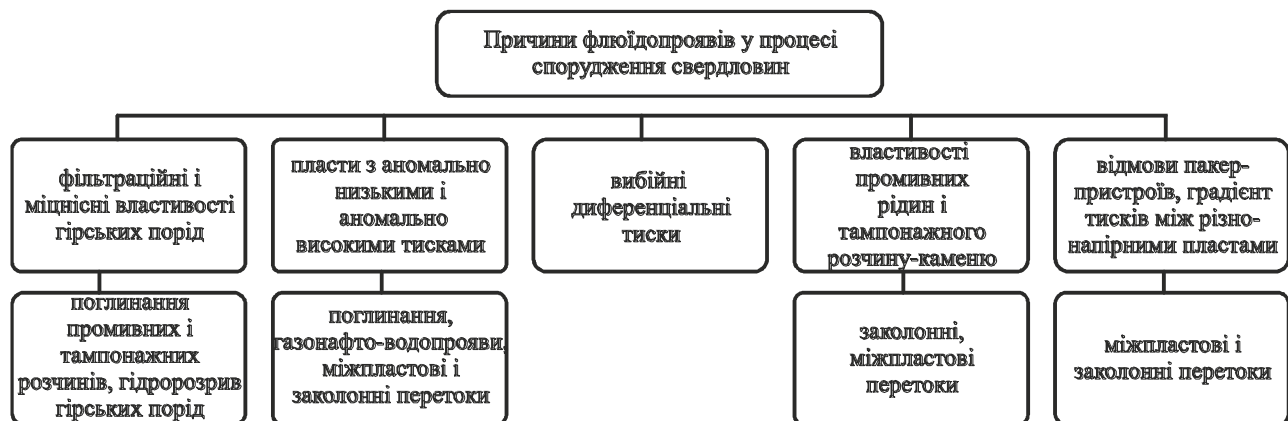


Рисунок 1 – Сучасні уявлення про причини флюїдопроявлень в свердловинах

Таким чином, причини флюїдопроявів є наслідком процесів, що відбуваються, або фактором негативного впливу на технологічні операції, що призводить до порушень технології робіт і зниження їх кінцевих показників [5, 6, 7].

Тому виявлення причин, що виникають в технологічних процесах є ключовим завданням при вирішенні проблем заколонних перетоків в свердловинах з бічними стовбурами та горизонтальним вибоєм.

Аналіз опублікованих даних показує, що від 10 % до 60 % фонду свердловин на різних газових родовищах світу мають заколонні та міжпластові перетоки.

Аналітичні дослідження та узагальнення промислового досвіду показують, що причиною більшості ускладнень на етапах будівництва та експлуатації свердловин є гідравлічний зв'язок розкритих бурінням флюїдонасичених пластів зі стовбуром, який супроводжує всі наступні періоди експлуатації

свердловин. В теорії, показником цього критерію є коефіцієнт гідропровідності пласта, який виражається рівнянням 1:

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{Q \ln \frac{R_k}{r_{св}}}{2\pi \Delta P} \cdot \frac{\text{мкм}^2}{\text{мПа}\cdot\text{с}} \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт проникності середовища;  
 $h$  – ефективна товщина пласта;  
 $\mu$  – ефективна в'язкість пластового флюїду;  
 $Q$  – витрата рідини;  
 $R_k$  – середній радіус контуру живлення;  
 $r_{св}$  – радіус свердловини;  
 $\Delta P$  – перепад тиску.

При дії в гідралічно зв'язаній системі «свердловина –  $n$  пластів» диференціальних тисків (репресія, депресія) у ній відбуваються нестационарні процеси гідродинамічної взаємодії, наслідком яких і стають різного роду ускладнення (поглинання, гідророзрив гірських порід, міжпластові та заколонні перетоки, газонафтоводопрояви, каверно- і обвалоутворення і т. д.), що порушують технологію та знижують показники їх якості та ефективності [6, 7]. З цього не складно зробити висновок, що основним завданням підвищення якості експлуатації свердловин, є розробка технологій ізоляції стовбура, починаючи з комплексу робіт, що розкриваються бурінням флюїдонасичених пластів, в широкому діапазоні зміни їх фільтраційних характеристик.

Накопичений досвід показує, що в умовах експлуатації свердловин довгострокова ізоляція пластів від стовбура (крім продуктивних), попереджаючи міжпластові перетоки та прорив води до фільтра, розширює область експлуатації свердловин відкритим вибоєм, досконалим за характером і ступенем розкриття, забезпечує гідродинамічні оптимальні умови видобутку вуглеводнів, а також ОПЗ, РІР, МЗН.

Таким чином, вдосконалення ізоляційних технологій, що усувають причину негативних наслідків при будівництві та експлуатації свердловин, є одним з найбільш пріоритетних напрямків науково-технічних досліджень і розробок щодо підвищення ефективності експлуатації свердловин, особливо на родовищах, які перейшли в пізню та завершальну стадії розробки.

Виникнення заколонних перетоків в бічних стовбурах обумовлено їх конструкцією (див. рис. 2). Перетікання рідини відбувається з вищого водонасиченого пласта вздовж другого стовбура та через фільтрову частину надходить в свердловину.

Найбільш поширений 2-й тип конструкцій

хвостовиків бокових стовбурів [2, 3].

Перший варіант (рис. 2) є хвостовиком, що складається з гідралічної підвіски, обсадних труб, перфорованого патрубку, цементувальної манжети та фільтрів.

Другий варіант – хвостовик підвішується на гідралічній підвісці Ніфло III. В компоновку хвостовика входить заколонний надувний пакер СМХХ-4, який відключає фільтр, що залишається відкритим для цементного розчину та закачується через цементувальну муфту (встановлену над заколонним пакером), в разі, коли проводиться цементування. Якщо пакер СМХХ-4 несправний, в повному обсязі роздувся або його розмір в робочому стані є недостатній для ефективного перекриття стовбура свердловини, створюються передумови до виникнення перетоків рідини та газу в інтервалі продуктивного пласта.

Основний спосіб, який застосовується для ліквідації заколонних перетоків в свердловині – це закачування тампонуєчих складів в інтервал перетікання. Проведення цих робіт вимагає, в одному випадку, встановлення відсікаючого цементного або піщаного моста для захисту продуктивних пластів від тампонажного матеріалу та перфорації спеціальних отворів, в іншому випадку – проведення ізоляційних робіт через верхню частину зони перфорації.

При проведенні робіт на свердловинах з горизонтальними ділянками вибою установка піщаних або цементних мостів ускладнена конструкцією свердловини, що перешкоджає утворенню суцільної пробки. Для вирішення даного завдання можливе проведення ремонтно-ізоляційних робіт з ліквідації заколонних перетоків на свердловинах з горизонтальними ділянками з використанням блокуючих рідин для тимчасової ізоляції перфорованої частини експлуатаційної колони.

Рідина, що застосовується для блокади перфорованої (не обсадженої) продуктивної зони горизонтальної ділянки стовбура свердловини на час проведення ізоляційних робіт, повинна:

- поєднуватися з пластовими флюїдами, а також розчинами та технологічними рідинами, які застосовуються при проведенні ремонту свердловини;
- мати низьку фільтрацію, забезпечуючи збереження колекторських властивостей блокованої частини пласта;

- забезпечувати надійний пуск в роботу відремонтованої свердловини;

- зберігати свої параметри протягом часу, необхідного для проведення ізоляційних робіт;

- мати регульований період розпаду;
- необхідну в'язкість, щоб забезпечити належне її прокачування через гнучку трубу.

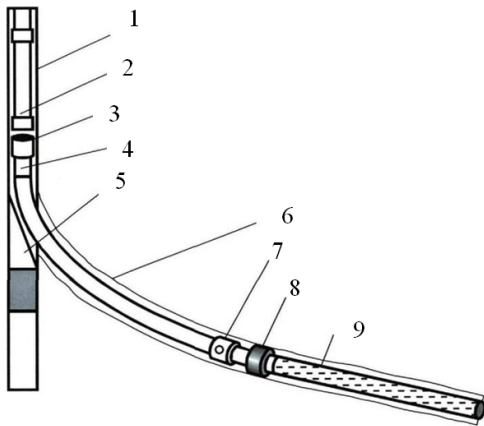


Рисунок 2 – Конструкція свердловини з боковим стовбуром при використанні заколонного пакеру або манжетного цементування:

- 1 – обсадна колона; 2 – підвіска НКТ; 3 – лійка адаптера; 4 – підвісний пакер; 5 – відхилювач; 6 – боковий стовбур; 7 – цементувальна муфта або перфорований патрубок; 8 – надувний заколонний пакер CMXX-4 або цементувальна манжета; 9 – фільтр

Крім того, приготування блокуючої рідини має бути технологічним.

Даним вимогам відповідають наступні рідини глушіння та гідророзриву:

- розчини глушіння на вуглеводневій основі (інвертні емульсії) типу Witer (Геосінез інжиніринг), VersaPro (Schlumberger).
- гідрофобно-емульсійні розчини (ГЕР) без твердого обважнювача з густиною до  $1160 \text{ кг/м}^3$  та з обважнювачами;
- розчини глушіння на водній основі – FloThru, DiPro (Schlumberger).

Для глушіння свердловин з пластовим тиском більшим за гідростатичний тиск з розчинів на вуглеводневій основі можна успішно використовувати вапняно-бітумні розчини (ВБР).

Для глушіння свердловин, що призначене не тільки для заповнення свердловини, але й для очищення привибійної зони, застосовують розчин триетаноламонієвої солі кубових залишків жирних кислот у чотирихлористому вуглеці  $\text{CCl}_4$ . Ця рідина має густини в межах  $1420\text{--}1490 \text{ кг/м}^3$ .

Склади та параметри ізолюючих розчинів, які застосовують після глушіння свердловин, різні та підбираються для конкретних умов індивідуально [12, 13, 14, 15].

Також, як можливий варіант, для ізоляції (ліквідації) міжколонних перетоків набули значного використання цементні тампонажні розчини. Застосування цементного розчину не завжди ефективно через його низьку проникаючу здатність. Внаслідок його високої водовіддачі, на контакті з породою формується щільний фільтраційний шар, а на поверхні ізольованих каналів нарощується «кірка» з грубих часток цементу, що перешкоджає подальшому заповненню ізольованих каналів цементним розчином, навіть при високому тиску. Для підвищення ефективності проведення ізоляційних робіт потрібно застосування цементних розчинів з низькою водовіддачею, регульованим часом гелеутворення при зупинці його закачування та з відновленням рухливості при поновленні продавки.

Полімерні ізоляційні матеріали, за приймальності інтервалу ізоляції менше  $120\text{--}150 \text{ м}^3/\text{с}$ , можливе застосування високопроникних ізоляційних розчинів на основі полімерів, кремнійорганічних матеріалів групи АКОР, водорозчинних складів типу ВТС. Дані суміші часто використовуються під час ізоляції заколонних перетоків в похило-скерованих свердловинах.

Тампонажні матеріали групи АКОР не володіють високими показниками міцності, тому при ліквідації заколонних перетоків та великому розкритті тріщин потрібно їх докріплювати цементом.

Також для проведення робіт з ізоляції заколонних перетоків можливе застосування інших складів: композицій на основі етилсилікату, виноградної кислоти, хлориду кальцію, на основі полівінілового спирту та гідрофобною кремнійорганічної рідини.

Ефективність застосування установок в процесі проведення ремонтно-ізоляційних робіт (РІР) в свердловинах з бічними стовбурами складається з:

- проведення ремонтно-ізоляційних робіт в бічних стовбурах малого діаметру, де застосування традиційного методу капітального ремонту свердловин складно або неможливо;
- проведення технологічних операцій при надмірному тиску на гирлі свердловини;
- значного скорочення часу ремонту в порівнянні з традиційним капітальним ремонтом свердловин.

Крім того, використання в якості блокуючих екранів малофільтруючих гелевих складів, здатних по закінченню певного проміжку часу переходити в рідку фазу, дозволяє зберегти колекторські властивості пласта і, як наслідок, високий дебіт свердловин.

При високій технологічній ефективності методу розробки нафтогазових багат шарових покладів, з горизонтальною конструкцією вибою, експлуатація таких свердловин через велику протяжність вибою істотно ускладнюється при РІР, ОПЗ і особливо водотогазоізоляційних операціях [2, 3, 10, 11].

Аналіз публікацій і патентне опрацювання з цієї проблематики дозволяють зробити висновок, що до теперішнього часу в цій галузі практично відсутні ефективні технології та технічні рішення. Тому, при проривах газу та води свердловини з горизонтальним вибоєм зупиняють на тривалий період або переводять в консервацію [2, 3].

На ефективність флюїдоізоляційних робіт, крім інших факторів, істотно впливає конструкція вибою. В Україні знаходять застосування наступні конструкції горизонтального вибою:

- незацементований хвостовик–фільтр (щілино-подібний);
- незацементований фільтр з дротяним намотуванням (конструкції УкрДГРІ);
- незацементований фільтр із зовнішніми роз'єднуючими пакерами (конструкції УкрДГРІ);
- зацементований перфорований хвостовик.

Пошук інформації щодо технологій та обладнання для капітального ремонту горизонтальних свердловин дозволив знайти невеликий обсяг опублікованих промислових, експериментальних робіт і патентної літератури. Найбільш цікаві публікації розглядаються нижче.

Розглянемо декілька технологічних рішень для ізоляції та обробки горизонтального стовбура свердловини:

- технологія з використанням полімер–гелевих пробок – послідовність технологічних операцій ідентична вище розглянутих патентів та має ті самі обмеження;
- технологія відключення обводненої ділянки у відкритому стовбурі свердловини з установкою надувних гідравлічних пакерів [7]

Компанія Schlumberger в [10] описує свої технології щодо обмеження водопритоку в свердловинах. Сутність технології – установка цементних ізоляційних мостів в кільцевому просторі за фільтром. На гнучкій колоні труб (ГНКТ) спускають та встановлюють в заданому інтервалі колону з прорізами (див. рис. № 3). Через перфораційні отвори у фільтрі в заколонний простір закачується менш в'язкий розчин на основі цементу. Відразу після закачування розчин схоплюється без усадки, набуваючи міцності гелю.

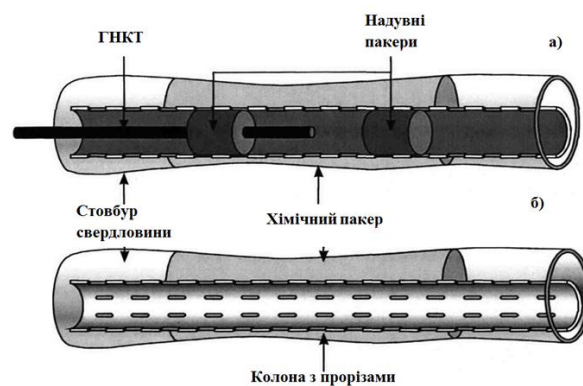


Рисунок 3. – Конструкція горизонтального вибою:  
а – ГНКТ; б – колона з прорізами

В літературі зустрічаються також технології, засновані на застосуванні металевих перекивачів, але вони не розглядалися, тому що не відповідають конструкції горизонтальних вибоїв свердловин.

На закінчення відзначимо, що:

- для ізоляції окремих інтервалів горизонтального стовбура свердловин, що мають зацементований перфорований хвостовик, можливе використання вище розглянутих технологій;
- для ізоляції горизонтальних стовбурів свердловин, що мають незацементований хвостовик–фільтр, відсутні ефективні розроблені технології у вітчизняній практиці та зарубіжній.

Аналіз розглянутих інформаційних джерел дозволив відмітити наступні напрямки розвитку існуючих технологій ізоляції горизонтальних свердловин для конструкцій свердловин, що застосовують в Україні та мають не зацементований хвостовик–фільтр:

- використання блокуючих рідин;
- використання пакер–елементів;
- використання блокуючих рідин та пакерів.

Огляд вище розглянутих технологій ізоляції та обробки горизонтального стовбура свердловин, досвід РІР з ліквідації заколонних перетоків в горизонтальних свердловинах показали перспективність використання в'язких рідин для блокування продуктивного пласта. У той час, в інформаційних джерелах відсутнє посилання на можливість використання рідини з такими технологічними даними. Тому була узагальнена інформація щодо рідин, які мають фізико–хімічні властивості, близькі до вимог розроблених технологій [14, 15]:

- сумісність з пластовими рідинами та породою;
- сумісність з ізолюючим розчином;
- низьку фільтрацію в продуктивний пласт та збереження його колекторських властивостей;

- високу статичну напругу зсуву;
- тиксотропію;
- термостабільність рідини;
- можливість тривалого збереження блокуючих властивостей рідин на період ремонту;
- можливість деструкції блокуючого розчину після закінчення ремонту;
- технологічність приготування в умовах куща свердловин.

Згідно експертних оцінок, рідини гідророзриву, що мають високу в'язкість та хороші характеристики щодо відновлення проникності продуктивного пласта, найбільш повно відповідають технологічним вимогам для блокування продуктивного пласта.

Для більш обґрунтованого підходу щодо вибору тампонажних матеріалів запропонована класифікація тампонажних хімічних речовин і композицій, заснована на фізико-хімічних принципах їх впливу на середовище, з врахуванням дисперсного стану та механізму формування просторової структури в гелеутворюючих і твердих тілах. Пропонована класифікація відображає не хімічні особливості складу, а його функціональні можливості та включає чотири основні типи:

- адсорбенти – хімічні сполуки, які впливають на порові або інші поверхні;
- наповнювачі – неорганічні та органічні складові (порошкоподібні) різної дисперсності або суспензії у водних або вуглеводневих рідинах;
- гелі – системи з неорганічної або органічної твердої фази високого ступеня дисперсності з водним або не водним дисперсійним середовищем;
- тверднучі в'язучі речовини – концентровані дисперсії неорганічних і органічних речовин у водному та не водному дисперсійних середовищах, що утворюють після затвердіння міцну конденсаційно-кристалізаційнопросторову структуру по всьому об'єму матеріалу.

Обґрунтований вибір технології та матеріалів повинен забезпечувати заповнення використовуваним складом всього пористого середовища і каналів у свердловині та присвердловинній ділянці гірських порід, а також оптимальне структуроутворення складу в технологічно прийнятні терміни.

Конструкція горизонтального стовбура свердловини накладає свої специфічні особливості на технологію ізоляції окремих інтервалів і використовувані матеріали:

- висока приймальність свердловини;
- висока витрата ізоляційних матеріалів;
- збільшення часу РІР;

- можливість розшарування технологічних рідин у горизонтальному стовбурі;
- наявність перетоків технологічних рідин за фільтром у деяких конструкціях фільтрів;
- відсутність обладнання для промивання простору за фільтром;
- не відпрацювання процесу розбурювання цементних пробок і винесення шламу з горизонтального стовбура;
- складність проведення ловильних і аварійних робіт в горизонтальному стовбурі свердловини.

З врахуванням вищевказаного щодо ізоляційних матеріалів можна сформулювати наступні додаткові вимоги: сумісність з блокуючою рідиною, селективну дію матеріалу, можливість регулювання часу його гелеутворення та очікування затвердіння, можливість його прокачування по трубах малого діаметру та низька вартість ізоляційних матеріалів.

**Висновки.** Виконаний аналіз даних показує, що проблема за колонних і міжпластових перетоків існує в більшій частині фонду свердловин на різних родовищах України і світу. На даний час ефективного технологічного і технічного рішення не знайдено, а це призводить до того, що при проривах газу та води, свердловини доводиться зупиняти на тривалий період або взагалі переводити в консервацію. Тому вдосконалення існуючих ізоляційних технологій та розробка нових є перспективним напрямком дослідження, особливо для свердловин, які знаходяться у пізній та завершальній стадії розробки. При підборі способу ліквідації перетоків, необхідно чітко розуміти і враховувати особливості технології процесу, що обумовлені конструкцією горизонтального стовбура свердловини.

#### Список літератури

1. Є.І. Крижанівський, Д.Г. Чорнописький, І.І. Палійчук, Концентрація напружень в обсадній колоні при вирізанні отвору для бічного стовбура свердловини. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2019 – № 3(72) с. 18–24.
2. Коцкулич Я.С. Стан і перспективи підвищення надійності кріплення свердловин / Я.С. Коцкулич // Нафтова і газова промисловість. – 2007. – № 5. – С. 22–24.
3. Серенко І.А. Бурение на нефть и газ в США: Обзорная информация / И.А. Серенко, Н.А. Сидоров, О.А. Сурикова и др. // Нефтяная промышленность. – 1983. – Вып. 16 (55) – 104 с. – Серия: Бурение.
4. Нові методи дослідження та відновлення герметичності експлуатаційних колон газових свердловин / В.О. Росляков, Г.В. Третьяков, О.Г. Семеняка, Ю.І. Мазепа // Нафтова і газова промисловість: Науково-виробничий журнал. — К.: ТОВ «Вольф», 2011. — №4. — с.39–41.
5. Медведєв Н.Я., Сонич В.П., Мишарин В.А. и др. Анализ эффективности и перспектив применения методов воздействия на пласты. Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 9. – с. 69–75.

6. Поляков В.Н., Мавлютов М.Р., Алексеев Л.А. В.А. Колодкин. Технология и техника борьбе с поглощениями при строительстве скважин. – Уфа: Китап, 1998. – с. 192.
7. Поляков В.Н., Вяхирев В.И., Ипполитов В.В. Системные решения технологических проблем строительства скважин. – М.: Недра, 2003. – с. 240.
8. Александров В.С. Влияние конструкций забоя на результаты испытаний глубоких разведочных скважин. // Нефтегазовая геология, геофизика и бурение. – 1984. – № 5. – с. 49–52.
9. Габдуллин Р.Г., Ишкаев Р.К. Новые способы вторичного вскрытия пластов и конструкций забоев скважин. – Тюмень: Вектор Бук, 1998. – с. 212.
10. Диагностика и ограничение водопритоков. Компания «Шлюмберже». Нефтегазовое обозрение. – М., 2001. – с. 60.
11. Воевідко І. В. Специфіка забурювання бічного стовбура в обсадній колонії свердловини / І. В. Воевідко // Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 2. – С. 23–26. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ngu\\_2013\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ngu_2013_2_8).
12. Зезекало І.Г., Мрочко М.А. Відновлення герметичності свердловин на ГКР і в підземних сховищах газу. Нафтова та газова промисловість, № 1. – 1995. – с. 6–9.
13. Зезекало І.Г., Троцький В.П. Проблеми підвищення ефективності аварійно-відновних робіт у процесі капітального ремонту свердловин. Нафтова і газова промисловість, № 3. – 1996.
14. Кітура О.М., Отришко В.Л., Зеленський В.Ю., Кичигін С.М., Сказко А.Є., Смотров М.В. Спосіб ліквідації міжколонних перетоків в газових свердловинах з використанням герметизуючого складу, що містить кремнієвмісний полімерний матеріал. Науково-виробничий збірник. Питання розвитку газової промисловості України. Випуск XLIII. Харків, 2015. – с. 98–103.
15. Дячук В.В., Строгий А.Я., Хай В.В., Соколов В.П., Кустовстовський В.О. Патент № 56860 від 15.05.2003 року, бюл. №5 2003 р. Спосіб ліквідації міжколонних перетоків в газових свердловинах.
- Neftiania promyshlennost. – 1983. – Выр. 16 (55) – 104 s. – Seryia: Burenne.
4. Novi metody doslidzhennia ta vidnovlennia hermetichnosti ekspluatatsiinykh kolon hazovykh sverdlovyh / V.O. Rosliakov, H.V. Tretiakov, O.H. Semeniaka, Yu.I. Mazepa // Naftova i hazova promyslovist : Naukovo-vyrobnychy zhurnal. — K. : TOV «Volf», 2011. — №4. — s.39–41.
5. Medvedev N.Ia., Sonych V.P., Mysharyn V.A. y dr. Analiz efektyvnosti y perspektvy pryimeneniya metodov vozdeistviya na plasty. Neftianoe khoziaistvo. – 2001. – № 9. – s. 69–75.
6. Poliakov V.N., Mavliutov M.R., Alekseev L.A. V.A. Kolodkyn. Tekhnolohiya y tekhnika borbe s pohloshcheniamy pry stroitelstve skvazhyn. – Ufa: Kytap, 1998. – s. 192.
7. Poliakov V.N., Viakhyrev V.Y., Yppolytov V.V. Systemnye resheniya tekhnolohycheskykh problem stroitelstva skvazhyn. – M.: Nedra, 2003. – s. 240.
8. Aleksandrov V.S. Vlyanye konstruktysy zaboia na rezultaty uspytanyi hlubokyykh razvedochnyykh skvazhyn. // Neftegazovaia heolohiya, heofyzyka y burenye. – 1984. – № 5. – s. 49–52.
9. Habdullyn R.H., Yshkaev R.K. Novyye sposoby vtorychnoho vskrytiya plastov y konstruktysy zaboev skvazhyn. – Tiumen: Vektor Buk, 1998. – s. 212.
10. Dyahnostyka y ohranyehene vodoprytkov. Kompanyia «Shliumberzhe». Neftegazovoe obozrenye. – M., 2001. – s. 60.
11. Voievidko I. V. Spetsyfyka zaburiuvannia bichnoho stovbura v obsadnii kolonii sverdlovyh / I. V. Voievidko // Naftohazova haluz Ukrainy. – 2013. – № 2. – S. 23–26. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ngu\\_2013\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ngu_2013_2_8).
12. Zezekalo I.H., Mrochko M.A. Vidnovlennia hermetichnosti sverdlovyh na HKR i v pidzemnykh skhovyshchakh hazu. Naftova ta hazova promyslovist, № 1. – 1995. – s. 6–9.
13. Zezekalo I.H., Trotskiy V.P. Problemy pidvyshchennia efektyvnosti avariino-vidnovnykh robot u protsesi kapitalnoho remontu sverdlovyh. Naftova i hazova promyslovist, № 3. – 1996.
14. Kitura O.M., Otrishko V.L., Zelenskiy V.Iu., Kychyhin S.M., Skazko A.E., Smotrova M.V. Sposib likvidatsii mizhkolonnykh peretokiv v hazovykh sverdlovykh z vykorystanniam hermetyzuiuchoho skladu, shcho mistyt kremniievmsniy polimerniy material. Naukovo-vyrobnychy zbirnyk. Pytannia rozvytku hazovoi promyslovosti Ukrainy. Vypusk XLIII. Kharkiv, 2015. – s. 98–103.
15. Diachuk V.V., Strohyi A.Ia., Khai V.V., Sokolov V.P., Kustovstovskiy V.O. Patent № 56860 vid 15.05.2003 roku, biul. №5 2003 r. Sposib likvidatsii mizhkolonnykh peretokiv v hazovykh sverdlovykh.

## References (transliterated)

1. Іє.І. Kryzhanivskiy, D.H. Chornopyskiy, I.I. Paliichuk, Kontsentratsiia napruzhen v obsadnii kolonii pry vyziranni otvoru dlia bichnoho stovbura sverdlovyh. Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. 2019 – № 3(72) s. 18–24.
2. Kotskulych Ya.S. Stan i perspektyvy pidvyshchennia nadiinosti kriplennia sverdlovyh / Ya.S. Kotskulych // Naftova i hazova promyslovist. – 2007. – № 5. – S. 22–24.
3. Serenko Y.A. Burenne na neft y haz v SShA: Obzornaia ynfarmatsiia / Y.A. Serenko, N.A. Sydorov, O.A. Surykova y dr. //

Надійшла (received) 25.03.2021

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Фірсуніна Людмила Василівна (Фирсунина Людмила Васильевна, Firsunina Liudmyla)** – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірантка кафедри нафтогазової інженерії та технологій навчально-наукового інституту нафти і газу; м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-1713>; e-mail: ludrix2@gmail.com.

**Ахметова Вікторія Михайлівна (Ахметова Виктория Михайловна, Akhmetova Viktoria)** – м. н. с (Львівське відділення Українського науково-дослідного інституту природних газів, м. Львів, Україна); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4653-8573>; e-mail: akiv\_18@ukr.net.

**Зезекало Іван Гаврилович (Зезекало Иван Гаврилович, Zezekalo Ivan)** – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», професор кафедри нафтогазової інженерії та технологій навчально-наукового інституту нафти і газу; м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-6905>, e-mail: 2012.nadra@gmail.com.