7. Ihnatov, A. (2021). Analyzing mechanics of rock breaking under conditions of hydromechanical drilling. *Mining of Mineral Deposits, 15(3),* 122–129.
8. Ihnatov, A., Koroviaka, Ye., Rastsvietaiev, V., et al. (2021). Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling. Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons-2020. E3S Web of Conferences, 230, 01016. Retrieved from https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001016.
9. Hossain, M.E., & Islam, M.R. (2018). *Drilling engineering: problems and solutions*. Wiley – Scrivener Publishing
10. Pavlychenko, A.V., Koroviaka, Ye.A., Ihnatov, A.O. & Davydenko, A.N. (2021). Hidrohazodynamichni protsesy pry sporudzhenni ta ekspluatatsii sverdlovyn: monograph [Hydro-gas-dynamic processes during the construction and operation of wells]. Dnipro University of Technology [in Ukrainian].
11. Lyes, B. (2020). Reconfigurable Manufacturing Systems: From Design to Implementation. Springer Series in Advanced Manufacturing.
12. Ihnatov, A.O., Haddad, J.S., Koroviaka, Ye.A., et al. (2023) Study of rational regime and technological parameters of the hydromechanical drilling method. *Archives of Mining Sciences. 2,* 285–299.
13. Voitenko, V., & Vitryk, V. (2012). Tekhnolohiia i tekhnika burinnia [Technology and technique of drilling]. Center of Europe [in Ukrainian].
14. Azar, J.J., & Robello, S.G. (2007). *Drilling Engineering*. PennWell Corporation.
15. Sadeghi, J. (2021). *Uncertainty Modeling for Engineers.* Github publishing.
16. Hupalo, O.P., & Tushnytskyi, O.P. (2010). *Orhanichna khimiia [Organic chemistry]*. Znannia [in Ukrainian].

УДК 622.233:551.49 DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-49-58

А. К. Судаков[1], д-р техн. наук, **Г.В. Гапіч[2]**, канд. техн. наук, **А. С. Шумов[1], Л.В. Голуб[1]**

[1]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, E-mail: sudakovy@ukr.net, Shumov.An.S@nmu.one
[2]Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро, E-mail: hapich.h.v@dsau.dp.ua

ОГЛЯД В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БЛОКОВИХ ГРАВІЙНИХ ФІЛЬТРІВ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ СВЕРДЛОВИН

Метою роботи є аналіз існуючих в'яжучих речовин блокових гравійних фільтрів, використовуваних для обладнання ними водоприймальних частин гідрогеологічних свердловин. Поставлені завдання вирішувалися комплексним методом дослідження, що включає аналіз і узагальнення літературних і патентних джерел. Виконано аналіз існуючих в'яжучих речовин блокових гравійних фільтрів, результатом якого стала розробка класифікації в'яжучих матеріалів, заснованої на процесах гідратації, полімеризації, фазового переходу. У класифікації наведені речовини, які використовувалися як в'яжучі матеріали для виготовлення циліндрово-порожніх блоків фільтрів, а також матеріали, використання яких принципово можливо після проведення додаткових досліджень.

***Ключові слова**: гідрогеологічні свердловини, блокові гравійні фільтри, в'яжучі речовини.*

Вступ

Більшість проблем, пов'язаних із кількістю та якістю питної води в Україні, викликані чотирма глобальними факторами.

Перший фактор полягає у забрудненні поверхневих вод відходами промислових підприємств та сільським господарством. Це є серйозною проблемою з огляду на те, що в основному вода, яку п'ють українці, береться з річок. На початку року було проведено скринінг води у басейні р. Дніпр, який виявив перевищення вмісту нітратів, фосфатів, пестицидів та інших шкідливих речовин.

Великим та фактично неконтрольованим джерелом забруднення вод є сільське господарство. З полів та ферм у річки та підземні води потрапляє багато шкідливих речовин, проте більша частина забруднення води аграріями офіційно не фіксується. На відміну від промислових підприємств, забруднення тут розсіяне великою територією, тому конкретного місця, де можна заміряти, немає.

Другий фактор – джерелом забруднення є комунально-побутові стоки (близько 60% викидів). Застарілі водоочисні системи не здатні впоратися із забрудненими стічними водами.

Як стверджують фахівці Київводоканалу, через поганий стан мереж багато українців отримують воду значно гіршої якості, ніж та, яку подають водогони. До речі, у Києві відсоток аварійних мереж водопостачання складає – 44,5%. Ще гірша ситуація у Луганській та Донецькій областях – 58,9 та 54,6%, у Львівській – 49,7%, Кіровоградській – 47,6%, Волинській – 46,5% та Харківській – 46% [1].

Третій фактор – це кліматичні зміни, забруднення неочищеними стоками, прибережна забудова, розорювання лук, видобуток корисних копалин, встановлення незаконних заплав, надмірний водозабір для сільськогосподарських, господарських та промислових потреб.

Четвертий фактор – це наслідки війни в Україні. Використання різних видів зброї призводить до катастрофічних змін екологічної та гідрогеологічної обстановки не лише на території України, а й частково на території Європи та Азії.

З урахуванням вище наведеного, організація питного та технічного водопостачання населення України є першочерговим завданням місцевих адміністрацій. Для цього необхідно буріння гідрогеологічних свердловин.

Водночас і до активних бойових дій сотні населених пунктів України не мали надійних джерел питної води. За перспектив деокупації півдня та сходу України та існуючої екологічної та гуманітарної катастрофи слід очікувати кратного збільшення водопотреби. Законом України № 3933-VI затверджена Загальнодержавна програма «Питна вода України», якою зокрема передбачене спорудження тисяч гідрогеологічних свердловин для вирішення проблеми водозабезпечення населення проблемних регіонів. Однак, без спорудження гідрогеологічних свердловин, які обладнані сучасними системами свердловинної очистки води, ця проблема не матиме належного вирішення.

На кафедрі нафтогазової інженерії та буріння НТУ «Дніпровська політехніка» протягом багатьох років ведуться роботи з розробки та модернізації технологій буріння гідрогеологічних свердловин зі створенням нових систем очищення видобутих вод від механічних домішок. На сьогоднішній день розроблено ряд технологій виготовлення блокових гравійних фільтрів та обладнання ними водоприймальної частини гідрогеологічних свердловин, які пройшли дослідно-виробниче впровадження на виробництві. Але технології є недосконалими. Тому останніми роками ведеться пошук нових в’яжучих речовин та технологій виготовлення і обладнання блоковими гравійними фільтрами гідрогеологічних свердловин. Особливістю їх є змінність реологічних властивостей в’яжучих речовин у часі. З їх додаванням можна виготовляти на денній поверхні блокові гравійні фільтри, з властивостями пухкого гравійного обсипання, після приведення їх у робочій стан у продуктивному горизонті [2, 4–6, 12–20, 22].

Фільтр складається з низки блоків гравію, покладених один на одного та з'єднаних фільтровою колонною. Блоки зазвичай виготовляються із гравію, частинки якого змішуються разом з в'яжучою речовиною.

Процес виробництва блокових гравійних фільтрів включає такі етапи: фракціонування гравію; промивання та висушування гравію; змішення гравію разом з в'яжучою речовиною з наступним формуванням циліндрово-порожніх блоків. Зовнішній вигляд наведено на рисунку.

а *б* *в*

Рис. 1. Блокові гравійні фільтри: а – з використанням у якості в'яжучого цементу; б – з використанням у якості в'яжучого епоксидної смоли; в – з використанням у якості в'яжучого желатину

Використання блокових гравійних фільтрів має низку недоліків. Аналізу їх працездатності присвячено ряд робіт [2, 4–10, 12–20], на підставі яких можна зробити наступні висновки [2, 5–6, 17–20, 22].

1. Введення нерозчинних в'яжучих речовин у масу гравію призводить до утворення тупикових пор, у зв'язку з чим у гравійних блоках затримуються дрібні частинки водоносних порід, що різко підвищує вхідний опір у фільтрах і знижує продуктивність свердловин. Це особливо проявляється у фільтрах, виготовлених із дрібного гравію.

2. У разі використання сталевих колон можуть утворюватися продукти корозії, які проникають у фільтр. Це зв'язано з тим, що продукти корозії менше за розміром і легше переносяться рідиною. Підвищена інтенсивність хімічного засмічення (іржа, інші продукти корозії) може призвести до проблем, серед яких є зниження швидкості потоку води, підвищений перепад тиску, підвищений знос насосів та іншого обладнання, у деяких випадках повне засмічення фільтра.

3. Руйнування при відновленні продуктивності свердловин за допомогою вибуху. При кислотних обробках блокових гравійних фільтрів з використанням клею БФ різко знижується механічна міцність блоків, а відновлення продуктивності свердловин менш ефективне порівняно зі свердловинами, обладнаними фільтрами з пухким контуром гравійного обсипання.

4. Значні ушкодження під час перевезень. У деяких організаціях бій фільтрів досягав 40-60%. При встановленні фільтрів у зимовий час спостерігалися пошкодження блоків внаслідок замерзання та розширення води в порах блоків.

Все вказане вище призвело до того, що виробництво блокових гравійних фільтрів в Україні було обмежено, проте за кордоном ці технології застосовуються.

Метою роботи є аналіз існуючих в'яжучих речовин блокових гравійних фільтрів, використовуваних для обладнання ними водоприймальних частин гідрогеологічних свердловин.

Результати дослідження

Блокові гравійні фільтри повинні відповідати таким вимогам:

– блоки, що надягаються на фільтрові труби (колони), повинні зберігати необхідну міцність, достатню для транспортування та облаштування фільтрами продуктивних горизонтів гідрогеологічних свердловин;

– в'яжучі речовини повинні бути розчинними у часі у свердловинній рідині;

– час розчинення в’яжучої речовини у гравійному блоці має бути контрольованим;

– у процесі освоєння свердловин в'яжучі речовини повинні повністю видалятися з гравійного осипання;

– конструкція гравійних фільтрів після освоєння свердловин повинна забезпечувати найменший гідравлічний опір видобуваємої води.

У табл. 1 наведено класифікацію в’яжучих речовин, які використовувалися та на наш погляд можуть бути використаними для виготовлення блокових гравійних фільтрів [2–4, 11, 15–20], згідно з якою всі в’яжучі речовини можна розділити на **нерозчинні** та **розчинні**.

Нерозчинні в’яжучі речовини

Порошкоподібні – омонолічують гравійний матеріал у результаті реакції **гідратації** в'яжучих речовин. Це тонко подрібнені матеріали (порошки), які, змішуючись з водою, утворюють пластичне тісто, здатне в процесі хімічної взаємодії з нею схопитися і набрати міцність. При цьому, зв'язуючи введений в нього гравій, в процесі хімічної реакції утворюється гравійний блок. В’яжучі речовини наведені в класифікації в’яжучих речовин (таблиця).

Класифікація в’яжучих речовин блокових гравійних фільтрів

В’яжучі речовини, які використовуються в блокових гравійних фільтрах			
Нерозчинні			
порошкоподібні	**клейові**	**термопласти**	**реактопласти**
цемент, гіпс, автоклавні в’яжучі, вапно, алебастр	гумовий клей, клей БФ, фосфати, полілакридний гель, балеклітовий лак, латекси	поліетилен-терефталат, поліетилен, поліестер, дакрон, майлар, лавсан	формальдегід, поліефір, поліуретан, епоксидні смоли, епоксидовані відходи оксипропі-ленгліколю (ЕВО) фенольна смола, меламін, бакеліт
Розчинні			
вода, водний розчин крохмалю, водний розчин ССБ, водний розчин гіпана, розчин цукру, карамель (на основі цукру), водний розчин желатину, водний розчин КМЦ, водний розчин силікату натрію, меляса			

Переваги:

– мають високу міцність на стискання, що робить їх стійкими до механічних навантажень;

- хімічно стабільні, стійкі до розкладання хімічними речовинами у навколишньому середовищі;
- відносно недорогі, що робить їх економічно вигідним варіантом для створення блокових гравійних фільтрів.

Недоліки:

- утворюють тупикові пори, що підвищують гідравлічний опір при видобутку води;
- мають малу продуктивність;
- крихкість при динамічному впливі, що призводить до утворення порожнин, а в умовах свердловин до піскування.

Клейові в'яжучі речовини До них відносять в'яжучі речовини, які утворюють камінь або драглі за рахунок реакції **полімеризації**. До складу цих матеріалів входять високомолекулярні органічні речовини – полімери. Полімери складаються з ланок мономерів. В'яжучі речовини наведені в класифікації в'яжучих речовин (табл. 1).

Переваги:

- обмежено стійкі до деформацій;
- стійкі до механічних навантажень;
- мають швидкий час схоплювання.

Недоліки:

- є найдорожчими з усіх типів в'яжучих речовин;
- вимагають особливих умов твердіння, таких як висока температура або вологість;
- мають низьку ефективну пористість;
- утворюють тупикові пори, що підвищують гідравлічний опір при видобутку води;
- деякі клеї мають у своєму складі агресивні речовини (кислоти та луги).

Термопласти – полімерні матеріали, які не розчиняються у воді, у яких завершено утворення структури, що забезпечує багатократний зворотній перехід матеріалу в пластичний стан при нагріванні і в склоподібний при охолодженні. Макромолекули в ньому не є поперечно зшитими. Такі полімери розм'якшуються або топляться при нагріванні і знову затвердівають при охолодженні. Вони, як правило, розчинні в органічних розчинниках: наприклад, поліетилен, полівінілхлорид [21].

За звичайної температури термопласти знаходяться в твердому стані. При підвищенні температури вони переходять у високоеластичний, і далі – у в'язкотекучий стан, що забезпечує можливість формування їх різними методами. Ці переходи зворотні та можуть повторюватися багато разів, що дозволяє, зокрема, переробку побутових і виробничих відходів з термопластів на нові вироби. Переробка термопластів у вироби не супроводжується незворотною хімічною реакцією. З термопластів у буровій практиці знайшли застосування поліетилентерефталат та поліетилен [22]. В'яжучі речовини наведені в класифікації в'яжучих речовин (табл. 1).

Переваги:

– не розмивається водою і можуть застосовуватися у свердловині незалежно від швидкості руху підземних вод;

– хімічно інертні;

– протягом тривалого часу не змінюють фізико-механічні властивості;

– термопласти придатні до повторної обробки (формування);

– вартість порівняна з вартістю цементу і набагато нижче за вартість таких тампонажних матеріалів як сірка, бітум, синтетичні смоли.

Недоліки:

– можуть утворювати тупикові пори, що підвищують гідравлічний опір при видобутку води;

– можуть давати усадку при твердінні.

Реактопласти – є класом полімерних матеріалів. Процес **полімеризації** реактопластів заснований на хімічній реакції, яка називається реакцією конденсації. Під час цієї реакції молекули смоли зв'язуються у тримери, димери або полімери, утворюючи тривимірну мережу. Вони можуть витримувати температуру до 200°C (392°F) без плавлення. Їх властивість дозволяє виготовляти міцні блокові гравійні фільтри. В'яжучи речовини наведені в класифікації в'яжучих речовин (табл. 1).

Переваги

- стійкі до механічних навантажень;
- стійкі до нагрівання;
- з їх допомогою можна створювати складні форми блокових гравійних фільтрів;
- стійкі до хімічних речовин та розчинників;
- можуть бути перероблені та розтоплені кілька разів без хімічних змін.

Недоліки:

- дорогі у виробництві блокових гравійних фільтрів;
- утворюють тупикові пори, що підвищують гідравлічний опір при видобутку води;
- вимагають особливих умов твердіння, таких як висока температура.

Розчинні в'яжучі речовини

В'яжучі речовини, які омонолічують гравійний матеріал у результаті **фазового переходу** (фазового перетворення) в'яжучої речовини з рідкого стану в твердий і навпаки. Наприклад, при замерзанні вода зазнає фазового переходу з рідкого стану у твердий з омонолічуванням гравію і з наступним разомонолічуванням при їх розтопленні. В'яжучи речовини наведені в класифікації в'яжучих речовин (таблиця).

Переваги:

- добре розчиняються у воді;
- мають високі фільтрувальні властивості, при цьому є можливість формування навколо каркаса фільтра гравійного шару високої якості;
- нешкідливі для довкілля, що робить їх добрим вибором для застосувань, де вплив на довкілля є проблемою;
- економічно доцільні при виготовленні блокових гравійних фільтрів.

Недоліки:

- потрібні особливі умови затвердіння, такі як висока або низька температура;
- передчасне розтоплення закріплюючого матеріалу, що викликає руйнування структури гравійної обсипки.

Класифікація в'яжучих речовин блокових гравійних фільтрів

Виходячи з вище викладеного, в'яжучі речовини блокових гравійних фільтрів можна розділити на дві групи (таблиця). До першої групи належать в'яжучі, які забезпечують докорінну зміну властивостей матеріалу гравійної обсипки на тривалий термін. До цієї групи відносяться в'яжучі, що омонолічують гравійний матеріал за рахунок гідратації (порошкоподібні), полімеризації (клейові, термопласти та реактопласти). До другої групи відносяться в'яжучі, що омонолічують гравійний матеріал за рахунок фазового переходу, і у яких монолітність матеріалу гравійного обсипання забезпечується на короткий час – на час транспортування та встановлення фільтра у продуктивному горизонті.

На наш погляд, відповідають вимогам ті в'яжучі речовини, що увійшли до другої групи.

У табл. 1 наведені застосовувані в'яжучі речовини, котрі не застосовувалися для виготовлення блокових гравійних фільтрів, але їх застосування після проведення додаткових досліджень можливе.

Висновки

1. Запропоновано класифікацію в'яжучих речовин для омонолічування на денній поверхні землі циліндрово-порожнього гравійного блоку фільтра гідрогеологічних свердловин. Ці матеріали знайдуть практичне застосування у навчальному процесі при підготовці фахівців з буріння гідрогеологічних свердловин.

2. Виконано аналіз в'яжучих речовин блокових гравійних фільтрів, що використовуються для обладнання водоприймальних частин гідрогеологічних свердловин, в результаті якого в'яжучі речовини можна розділити на нерозчинні (порошкоподібні, клейові, термопласти, реактопласти) та розчинні.

3. Аналіз показав, що на сьогоднішній день є великий вибір в'яжучих речовин, які мають низку переваг і недоліків. З одного боку, в'яжучі речовини можуть покращувати фізико-механічні властивості гравійного фільтру, з іншого боку, також можуть збільшити вартість та створити проблеми експлуатації блокових гравійних фільтрів; тому при розробці сучасних технологій виготовлення блокових гравійних фільтрів для гідрогеологічних свердловин необхідно враховувати вище зазначені фактори.

4. Отримано подальший розвиток для дослідження нових в'яжучих речовин. При виборі в'яжучої речовини для технології виготовлення блокових гравійних фільтрів в'яжуча речовина повинна відповідати таким вимогам:

- бути інертною по відношенню до матеріалу гравійного обсипання фільтра;
- у процесі транспортування та складання фільтра на буровій, блоковий гравійний фільтр повинен бути міцним;
- в'яжучі речовини повинні бути розчинними у часі у свердловинній рідині;
- у процесі освоєння свердловин в'яжучі речовини повинні повністю видалятися з гравійного осипання;
- бути екологічно чистими;
- бути недефіцитними і мати невисоку вартість.

Стаття опублікована в рамках проекту «Гідрогеологічне та технологічне обґрунтування альтернативного водопостачання населення України в період військового стану та післявоєнного відновлення» (№ д.р. 0123U101745).

A. Sudakov[1], H. Hapich[2], A. Shumov[1], L. Holub[1]

[1]Dnipro University of Technology, Ukraine
[2]Dnipro State Agrarian and Economic University, Ukraine

OVERVIEW OF BINDING SUBSTANCES FOR MANUFACTURING BLOCK GRAVEL FILTERS OF HYDROGEOLOGICAL WELLS

The purpose of the work is the analysis of the existing binders of block gravel filters, which water-receiving parts of hydrogeological wells are equipped with. The tasks set were solved by a complex method of research, which includes the analysis and generalization of literary and patent sources. An analysis of the existing binders of block gravel filters was performed, resulting in the development of a classification of binder materials based on the processes of hydration, polymerization, and phase transition. The classification includes substances that were used as binding materials for the manufacture of cylinder-hollow filter blocks, as well as materials that can be possibly used after additional research is carried out.

Key words: *drilling wells, block gravel filters, binders.*

Література

1. Сайт «Київводоканал». URL: https://vodokanal.kiev.ua/ [in Ukrainian].

2. Caenn R., Darley H.C.H., Gray G.R. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. 6th edition. Gulf Professional Publishing, 2011. 720 p.
3. Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Зятюк Ю.Ю. Цементно-шлакові суміші для 3D принтеру. *Будівельні матеріали та вироби*. 2021. Т. 102, № 1-2. С. 14–19.
4. Судаков А.К. Наукові основи технології обладнання бурових свердловин кріогенно-гравійними фільтрами: дис. … д-ра. техн. наук: 05.15.10 – Дніпропетровськ, 2014. 412 с.
5. Судаков А.К., Фем'як Я.М., Чудик І.І., Федик О.М., Щуцький В.І. Буріння свердловин на воду: навчальний посібник. Дрогобич: Посвіт, 2022. 344 с.
6. Кожевников А.О., Судаков А.К. Гравійні фільтри бурових свердловин. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011. 186 с.
7. Кожевников А. О., Судаков А. К., Дреус А. Ю. Наукові основи інноваційної технології обладнання бурових свердловин кріогенно-гравійними фільтрами. *Наука та інновації*. 2015. Т. 11, № 3. С. 23–38.
8. Rowles R. Drilling for Water: A Practical Manual. Routledge: Published Free Shipping, 1995. 188 p.
9. Кожевников А.О., Судаков А.К. Кріогенно-гравійні фільтри свердловин – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. 305 с.
10. Кожевников А.О., Отебаєв М., Судаков А.К. та ін. Гравійні фільтри свердловин на рідкі та газоподібні корисні копалини. Алмати: КазНТУ, 2015. 346 с.
11. Дворкін Л.Й. Будівельні в'яжучі матеріали: підручник. Рівне: НУВГП, 2019. 622 с.
12. Гравійний фільтр: пат. 87993 Україна: МПК E21B 43/00; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 17.
13. Гравійний фільтр: пат. 89261 Україна: МПК E21B 43/08; E03B 03/00; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1.
14. Гравійний фільтр: пат. 88726 Україна МПК E21B 43/08; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.
15. Гравійний фільтр: пат. 88569 Україна МПК E21B 43/08; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.
16. Блоковий гравійний фільтр: пат. 120114 Україна МПК E21B 43/08; опубл. 10.10.2019, Бюл. № 19.
17. Блоковий гравійний фільтр для будівництва свердловин: заявка на корисну модель № u202302200 Україна МПК E21B 43/08; заявл. 09.05.2023.
18. Блоковий гравійний фільтр для будівництва свердловин: заявка на корисну модель № u202302225 Україна МПК E21B 43/08; заявл. 10.05.2023.
19. Блоковий гравійний фільтр для будівництва свердловин: заявка на корисну модель № u202302211 Україна МПК E21B 43/08; заявл. 11.05.2023.
20. Блоковий гравійний фільтр для будівництва свердловин: заявка на корисну модель № u202302247 Україна МПК E21B 43/08; заявл. 12.05.2023.
21. Опейда Й., Швайка О. Глосарій термінів з хімії: глосарій. Донецьк: Вебер, 2008. 738 с.
22. Судакова Д.А. Обґрунтування параметрів технології ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин: дис. … канд. техн. наук: 05.15.10. Івано-Франківськ, 2018. – 240 с.

Надійшла 13.07.23

References

1. *Київводоканал* (b.d.). Kyivvodokanal [Kyivwater] https://vodokanal.kiev.ua/ [Ukrainian].

2. Caenn, R., Darley, H.C.H., & Gray, G.R. (2011). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. Gulf Professional Publishing.
3. Dvorkin, L., Marchuk, V., & Zyatuk, Yu. (2021). Tsementno-shlakovi sumishi dlia 3D prynteru [Cement slag concrete for 3D printer]. *Budivelni materialy ta vyroby. – Building materials and products, 102*(1-2), 14-19 [Ukrainian].
4. Sudakov, A.K. (2014). Naukovi osnovy tekhnolohiyi obladnannya burovykh sverdlovyn kriohenno-hraviynymy fil′tramy [Scientific basis of the technology of drilling well equipment with cryogenic gravel filters]. [Doctor's dissertation], Dnipropetrovsk [Ukrainian].
5. Sudakov, A.K., Femyak, Y.M., Chudyk, I.I., Fedyk, O.M., Shchutskyi, V.I. (2022). *Burinnya sverdlovyn na vodu [Drilling water wells]*. Posvit [in Ukraine].
6. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K. (2011). *Hraviyni filtry burovykh sverdlovyn [Gravel filters of boreholes]*.National Mining University [Ukrainian].
7. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K. Dreus, O.Y. (2015). Naukovi osnovy innovatsiynoyi tekhnolohiyi obladnannya burovykh sverdlovyn kriohenno-hraviynymy filtramy [Scientific basis of innovative technology of drilling wells equipment with cryogenic-gravel filters] *Nauka ta innovatsiyi. – Science and innovation, 11*(3), 23–38 [Ukrainian].
8. Rowles, R. (1995). *Drilling for Water: A Practical Manual*. Routledge: Published Free Shipping.
9. Kozhevnikov, A.O., & Sudakov, A.K. (2014). Kriohenno-hraviini filtry sverdlovyn [Cryogenic-gravel filters of wells]. Litohraf [in Ukrainian].
10. Kozhevnikov, A.O., Otebaev, M., Sudakov, A.K., et al. (2014). Hraviini filtry sverdlovyn na ridki ta hazopodibni korysni kopalyny [Gravel filters of wells for liquid and gaseous minerals]. KazNTU [in Ukrainian].
11. Dvorkin, L.Y. (2019). Budivelni viazhuchi materialy [Construction binding materials]. NUVHP [in Ukrainian].
12. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K. (2009). *Patent of Ukraine № 87993 МПК E21B 43/00. Hraviinyi filtr [Gravel filter]*. (Patent Ukrainy № *87993*) [in Ukrainian].
13. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K., Kamyshatskyi, O.F., et al. (2010). *Patent of Ukraine № 89261 E21B 43/08; E03B 03/00. Hraviinyi filtr [Gravel filter]*. (Patent Ukrainy № 89261) [in Ukrainian].
14. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K., Kamyshatskyi, O.F., et al. (2009). *Patent of Ukraine № 887226 МПК E21B 43/08. Hraviinyi filtr [Gravel filter]*. (Patent Ukrainy № 887226) [in Ukrainian].
15. Kozhevnikov, A.O., Sudakov, A.K., Kamishatskyi, et al. (2009). *Patent of Ukraine № 88569 МПК E21B 43/08. Hraviinyi filtr [Gravel filter]*. (Patent Ukrainy № 88569) [in Ukrainian].
16. Sudakov, A.K., Sudakova, D.A. (2019). *Patent of Ukraine № 120114 МПК E21B 43/08. Blokovyi hraviinyi filtr [Block gravel filter]*. (Patent Ukrainy № 120114) [in Ukrainian].
17. Pavlychenko, A.V., Sudakov, A.K., Zagrytseno, et al. (2023). *Application for utility model of Ukraine № u202302200 МПК E21B 43/08. Blokovyi hraviinyi filtr dlia budivnytstva sverdlovyn [Block gravel filter for well construction]*. (Zaiavka na korysnu model Ukrainy № u202302200) [in Ukrainian].
18. Pavlychenko, A.V., Sudakov, A.K., *Zagrytseno, et al. (2023). Application for utility model of Ukraine № u202302225 МПК E21B 43/08. Blokovyi hraviinyi filtr dlia budivnytstva sverdlovyn [Block gravel filter for well construction]*. (Zaiavka na korysnu model Ukrainy № u202302225) [in Ukrainian].
19. Pavlychenko, A.V., Sudakov, A.K., Zagrytseno, A.M., et al. (2023). Application for utility model of Ukraine № u202302211 *МПК E21B 43/08*. Blokovyi hraviinyi filtr dlia

budivnytstva sverdlovyn [Block gravel filter for well construction]. (Zaiavka na korysnu model Ukrainy № u202302211) [in Ukrainian].
20. Pavlychenko, A.V., Sudakov, A.K., Zagrytseno, & A.M., Shumov, A.S. (2023). Application for utility model of Ukraine № u202302247 МПК E21B 43/08. Blokovyi hraviinyi filtr dlia budivnytstva sverdlovyn [Block gravel filter for well construction]. (Zaiavka na korysnu model Ukrainy № u202302247) [in Ukrainian].
21. Opeida, J., & Shvaika, O. (2008). *Hlosarii terminiv z khimii [Glossary of chemistry terms*]. Weber [in Ukraine].
22. Sudakova, D.A. (2018). *Obhruntuvannia parametriv tekhnolohii izoliatsii pohlynaiuchykh horyzontiv burovykh sverdlovyn [Justification of the parameters of the isolation technology of absorbing horizons of boreholes]*. [Candidate's dissertation]. Ivano-Frankivsk [in Ukraine].

УДК 622.24.06 DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-58-68

Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов, кандидати технічних наук;
О.М. Давиденко, д-р техн. наук; **М.Р. Мекшун**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
пр. Дмитра Яворницького, 19, 49027, м. Дніпро, Україна, e-mail: A_3000@i.ua

АНАЛІЗ ДЕЯКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

Проведено аналітико-лабораторне вивчення основних задач, які стоять перед промивальними рідинами, а також факторів циркуляційних процесів, що мають місце в споруджуваній свердловині з наступною розробкою технологічних заходів раціоналізації гідравлічної програми промивання вибою і стовбура означеної специфічної гірської виробки на основі чинника зменшення гідравлічних втрат та потужності для експлуатованих насосів.

Експериментально доведено, що найбільше зниження гідравлічних опорів може бути одержано при застосуванні групи чистих органічних полімерних сполук та із деякими добавками; причому ефективність зниження гідравлічних опорів може сягати для вказаних речовин більш ніж 50%. Встановлено, що введення до складу промивальних рідин активних речовин в оптимальних концентраціях сприяє покращенню експлуатаційних характеристик роботи бурового насоса. Визначено раціональний концентраційний інтервал для ряду хімічно-активних речовин, який є найбільш ефективним з позицій надання промивальним рідинам властивості комплексного корегування окремих показників циркуляційних свердловинних процесів. Проаналізовано механізм впливу активованих промивальних рідин на характеристичні показники гідравлічного процесу руху промивальної рідини при обертанні бурильної колони в споруджуваній свердловині.

Шляхом детальних експериментальних досліджень показано наявність ефекту впливу деяких хімічно активних речовин на окремі складові комплексного свердловинного циркуляційного процесу; раціоналізація таких складових дозволить максимально повно використовувати резерви наявного і проєктованого бурового обладнання та інструменту. Отримані базові дані є підґрунтям для подальших розробок в напрямку підвищення якості і надійності реалізації гідравлічних програм промивання свердловин різних призначень та типів.

Ключові слова: *промивальна рідина, свердловина, активна речовина, гідравлічний опір, полімери, циркуляція, насос, розчин.*