

- budivnytstva sverdlovin [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. Blokovi hraviinyi filtr dlia budivnytstva sverdlovin [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 sverdlovin [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.

Постановка проблеми

Процес буріння свердловин різного призначення складається з ряду послідовно виконуваних операцій [1]; безпосередньо тими, які сприяють отриманню названої специфічної виробки в породному масиві, виступають: руйнування гірської породи спеціальним інструментом та видалення зруйнованої породи на поверхню за допомогою, здебільшого, промивальних рідин із індивідуальними фізичними і хімічними властивостями [2].

Перед промивальними рідинами стоїть завдання виконання значної кількості функцій, які не зводяться лише до необхідності видалення продуктів руйнування гірського масиву. За рахунок науково-обґрунтованого розгляду всіх особливостей циркуляційних процесів у споруджуваній бурінням свердловині, можна побачити велику кількість можливих аспектів прояву позитивного впливу промивальних рідин на хід і результативність окремих сторін комплексного процесу спорудження свердловин [3].

Промивальні рідини, як речовини, що здатні до плинності та мають змогу змінювати свої фізико-хімічні властивості під впливом різних фізичних і хімічних полів, можуть бути з успіхом адаптовані до різноманітних потреб, виконанням яких досягаються деякі суттєві покращення процесів буріння [4].

Промивальні рідини представляють собою не тільки циркуляційне середовище, яке забезпечує певного виду гідростатичну або гідродинамічну взаємодію зі стінками свердловини та буровим шламом; вони також активно впливають, наприклад, на механізм руйнування гірської породи на вибої свердловини. Саме тому необхідно чітко представляти критерії такої взаємодії та шляхи її можливого регулювання в потрібному напрямку [5].

Для правильного розуміння внутрішньо-свердловинних процесів, які мають місце при циркуляції промивальної рідини, необхідно мати вичерпну інформацію про всі складові кожного самостійного їх циклу та правильно орієнтуватися в причинно-наслідкових зв'язках між ними [6].

Спрямована спеціальна обробка промивальних рідин (з метою регулювання їх деяких властивостей, або надання останніх як таких) істотно розширює можливі області застосування даного класу циркуляційних середовищ [7]. Все означене висуває на перший план необхідність глибокого аналізу передумов побудови програми обробки промивальних рідин та наступного коректного їх використання в практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Технологія застосування промивальних рідин пройшла довгий шлях від простого застосування технічної води, яка в процесі циркуляції в свердловині збагачувалася частинками зруйнованої породи [1], що надавали їй певних властивостей, до полімерних та інших подібних систем. Все це супроводжувалось проведенням різних за науковою глибиною та масштабами розкриття взаємозв'язків дослідженнями аналітично-лабораторного та промислового характеру [8]. Найбільша кількість дослідницьких робіт в галузі проектування і застосування промивальних рідин присвячена групі глинистих розчинів, які являються найбільш розповсюдженими речовинами, що забезпечують супроводження циркуляційних процесів буріння свердловин; основною особливістю вказаних рідин є здатність утворювати на стінках стовбура свердловини так звану глинисту кірку (відносно тонкий шар ущільненого глинистого розчину, вибурених уламків гірської породи та самих глинистих частинок). Переконаливо доведено, що глиниста кірка як така забезпечує суттєве зменшення проникності стінок стовбура свердловини, сприяє підвищенню міри зв'язності слабозцементованих гірських порід, знижує силу тертя бурильних та обсадних труб об стінки свердловини [9].

Основні властивості глинистих промивальних рідин залежать від якості глинистих порошоків, що слугують їх дисперсною фазою, та характеристиками застосовуваних хімічних реагентів-регуляторів [10].

Досить багато досліджень було проведено в напрямку з'ясування механізму впливу технологічних властивостей промивальних рідин на фактор збереження стійкості стінок стовбура свердловини; необхідність забезпечення гідродинамічної рівноваги в системі «свердловина – пласт гірської породи»; працездатність застосовуваного породоруйнівного інструменту, гідравлічних та електричних вибійних двигунів, бурильних і обсадних труб та іншого основного і допоміжного свердловинного бурового обладнання [5].

Останнім часом спостерігається стійка тенденція підвищення практичного інтересу до питань можливості ефективного застосування промивальних рідин із підвищеними змащувальними властивостями, зниженим вмістом твердої фази, а також газорідних систем для відповідних умов [2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Досить велике різноманіття геолого-технічних особливостей спорудження свердловин та виконуваних ними функцій і завдань [11], інтенсивний розвиток техніки та технології буріння, значний прогрес хімічного виробництва, підвищення вимог щодо економічної складової бурових робіт, а також суворі обмеження відносно проблематики охорони довкілля – це лише невеликий перелік питань, що ставляться перед розглядуваною галуззю в ракурсі необхідності постійного удосконалення рецептур промивальних рідин та їх основних технологічних властивостей.

Досвід спорудження свердловин дозволив сформулювати декілька необхідних вимог до властивостей промивальних рідин, визначуваних їх функціями, а саме вони повинні: ефективно очищати вибій та стовбур свердловини від частинок розбурюваних порід і видаляти їх на денну поверхню; утримувати частинки породи в завислому стані і запобігати їх осадженню на вибій споруджуваної свердловини; створювати достатній гідростатичний тиск для попередження проявів флюїдів та їх фонтанування; охолоджувати вибійний інструмент під час його роботи; забезпечувати стійкість стінок стовбура свердловини; утворювати на стінках свердловини фільтраційну кірку; забезпечувати змащування бурового інструменту; передавати гідравлічну потужність відповідному вибійному обладнанню; виконувати роль каналу зв'язку із вибоєм споруджуваної свердловини [12].

Для якнайповнішого виконання свого функціонального призначення, промивальні рідини повинні володіти відповідними фізико-хімічними властивостями, до основних з яких належать: густина, в'язкість, водовіддача, липкість, плинність, змащувальні властивості, гідравлічний опір, здатність проникнення в продуктивні пласти, міра вспінення та запусіння та ряд ін. Перелічене потребує спеціальних методів і прийомів приготування та спрямованої обробки рідин відповідними хімічними реагентами, підбір яких проводиться не тільки для кожної конкретної свердловини із певними геолого-технічними умовами, а навіть для окремих інтервалів буріння [10].

Все перераховане вимагає від інженерів-практиків та дослідників науково-обґрунтованого підходу до питань розробки рецептур промивальних рідин та їх адаптації до конкретних свердловинних умов [8].

Мета статті полягає в аналітико-лабораторному вивченні задач, які стоять перед промивальними рідинами, а також факторів циркуляційних процесів, що мають місце в споруджуваній свердловині, та наступній розробці технологічних заходів раціоналізації гідравлічної програми промивання вибою і стовбура означеної специфічної гірської виробки на основі чинника зменшення гідравлічних втрат та потужності для експлуатованих насосів.

Методики

Аналітичне та лабораторне з'ясування технологічних особливостей реалізації гідравлічної програми промивання бурових свердловин виконано із застосуванням сучасних

методів теоретичних і експериментальних прийомів вивчення відповідних процесів, зокрема шляхом використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методичних принципів обробки проміжних і кінцевих результатів досліджень у середовищі *EXCEL*, *MATHCAD*, контрольно-вимірвальних систем і приладів [13].

Протікання циркуляційних свердловинних процесів моделювалось на спеціально сконструйованому та відповідно оснащеному напівпромисловому експериментальному стенді навчального бурового полігону Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» із застосуванням, у тому числі, бурової установки ЗІФ-650м та відповідного інструменту і пристосувань.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для того, щоб більш ясно уявляти собі картину тих явищ, які мають місце під час реалізації процесів промивання бурових свердловин, необхідно уважно прослідкувати за ходом реалізації функцій промивальної рідини [11]. Приготована промивальна рідина буровими насосами подається до циркуляційного контуру, найбільш протяжною ланкою якого є колона бурильних труб. Рационалізація цього етапу процесу промивання може бути досягнута за рахунок зменшення коефіцієнту опору при русі рідини по внутрішньому каналу бурильної колони.

Суттєвість ефекту зменшення гідравлічних опорів за циркуляції рідини трубопроводом – при додаванні до останньої деяких добавок – була помічена достатньо давно. Проте на достатньому науковому рівні вказане було обґрунтовано Б. Томсом, та отримало назву ефект Томса (англ. *Toms effect*), який полягає в наступному [3]: зменшення втрат тиску при турбулентному режимі руху води і розчинів на основі останньої може бути досягнуто при введенні до перелічених речовин деяких полімерів в дуже малих концентраціях. На фізичному рівні ефект Томса пояснюється так: при русі турбулентного потоку рідини – із активними добавками – вздовж твердої поверхні стінки труби створюється структурований, не порушений потоком рідини шар, що гасить турбулентність і перешкоджає відриву прикордонного шару від стінки. Молекули розчиненого в рідині полімеру (час релаксації яких збігається з масштабами турбулентних вихорів) гасять вихори, а також перешкоджають генеруванню нових, що дозволяє значно зменшити інтенсивність поперечних пульсацій, а тим самим скоротити втрати тиску на тертя. Встановлено, що полімерні добавки знижують гідравлічні опори, але рівень ефекту залежить від типу полімеру і значення критерію Рейнольдса, який характеризує режим течії.

Для додаткового уточнення деяких особливостей режиму руху промивальних рідин в циркуляційному контурі бурової свердловини, на кафедрі нафтогазової інженерії та буріння НТУ «Дніпровська політехніка» були проведені спеціальні дослідження щодо вивчення впливу різних добавок на явище зниження гідравлічних опорів при русі рідини трубопроводом на лабораторній установці (рис. 1). Відповідно до технологічної схеми стендової установки, вона включала в свій состав мірний бак, з якого досліджувану рідину насосом подавали в допоміжну ємність, звідки вона надходила в експериментальний трубопровід, що на своїх кінцях мав ділянки стабілізації, рівні за довжиною 50 діаметрам самого циркуляційного трубопроводу. При роботі з відцентровим насосом із системи виключали допоміжну ємність; при цьому рідину, що досліджується, з бака подавали безпосередньо у вимірвальну ділянку. Перепад тиску на робочій ділянці труби вимірювали двома манометрами, а витрату визначали за допомогою мірного циліндра. Регулювання витрати в системі здійснювали вентилем. Під час проведення досліджень застосовували таку методику: попередньо готували розчин досить розповсюдженої хімічної сполуки-полімеру ПАА (загалом це ряд полімерів на основі акриламиду та його похідних) та йому подібних хімічно активних речовин 10% концентрації, який потім розбавляли, заливали в бак і ретельно перемішували. Перед початком проведення вимірювань і наприкінці відбирали необхідну пробу розчину для визначення його умовної в'язкості [4].

Після включення насоса в системі дослідницького гідравлічного стенду, в трубопроводі, за допомогою вентиля встановлювали певну витрату, потім приступали

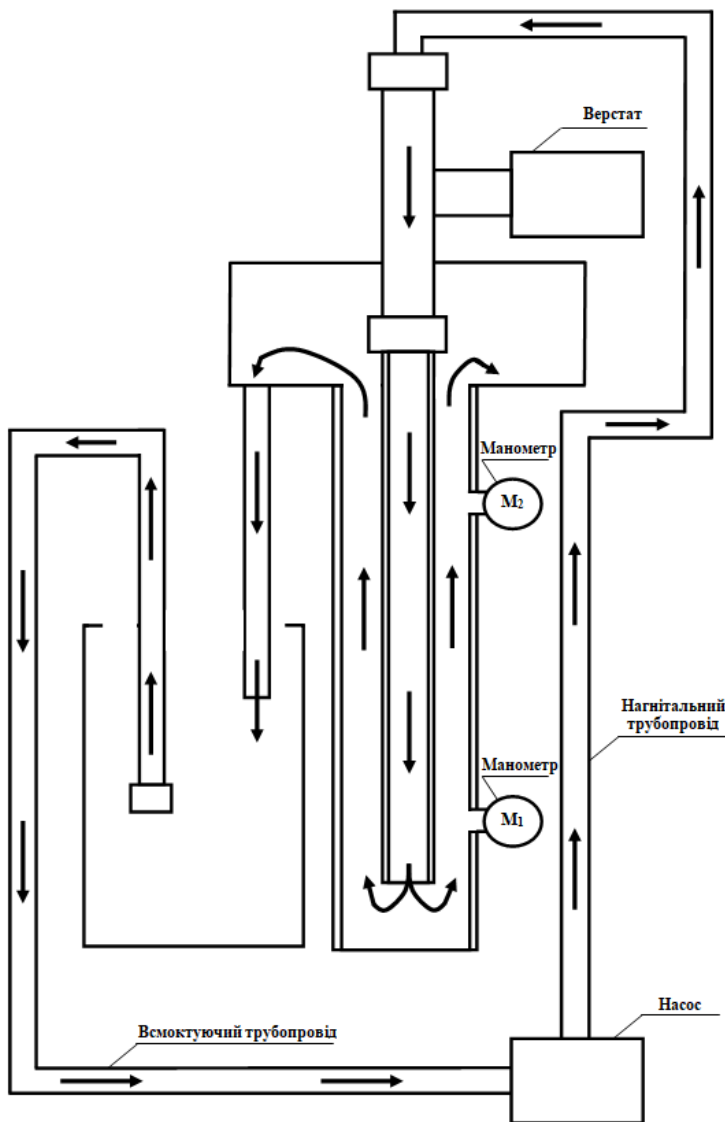


Рис. 1. Схема спеціальної стендової установки для визначення гідравлічних характеристик циркуляційного контуру бурової свердловини

швидкість руху потоку рідини в трубопроводі; d – діаметр труби досліджуваної ланки трубопроводу; γ – питома вага досліджуваної рідини.

Так звана ефективність, отримувана від застосування активних речовин для прояву ефекту зниження гідравлічних опорів, визначалась за формулою

$$E = \frac{\lambda_e - \lambda_{AP}}{\lambda_e} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де λ_e и λ_{AP} – числові значення коефіцієнтів гідравлічного опору при циркуляції технічної води та водного розчину активної речовини відповідно.

Результати проведених експериментальних досліджень (таблиця) беззаперечно свідчать, що найбільше зниження гідравлічних опорів може бути одержано при застосуванні

безпосередньо до вимірювань, в процесі яких фіксували значення перепаду тиску і витрату рідини. Дослідження проводили при різних значеннях витрати та концентрації активних речовин. Для кожного окремого випадку вимірювання, за постійної температури, повторювали не менше трьох разів і визначали середні величини. Після кожного проведеного дослідження трубу промивали та перевіряли її чистоту. Оцінку впливу активних речовин на показники величини гідравлічного опору при циркуляції досліджуваної рідини трубопроводом проводили за значенням коефіцієнта опору, який розраховували на підставі отриманих експериментальних даних, шляхом застосування відомого виразу Дарсі-Вейсбаха [5] для визначення перепаду тиску

$$\Delta P = \lambda \frac{\gamma \cdot v^2 \cdot l}{2 \cdot g \cdot d}, \quad (1)$$

звідки

$$\lambda = \frac{2 \cdot g \cdot \Delta P \cdot d}{l \cdot v^2 \cdot \gamma}, \quad (2)$$

де ΔP – перепад тиску в досліджуваному трубопроводі; g – прискорення сили тяжіння; l – довжина вимірювальної ділянки трубопроводу; v – середня

ПАА із деякими добавками та поліоксиетилену, ефективність зниження гідравлічних опорів для яких сягає більш 50%.

Характер впливу активних речовин на ефект зниження гідравлічних опорів при циркуляції досліджуваних рідин по трубопроводу

№ з/п	Розчинник	Активна речовина		Коефіцієнт гідравлічного опору при циркуляції досліджуваної рідини λ	Ефективність, %
		Назва	Концентрація, %		
1	Вода	-	-	0,031	0
2		ПАА	0,01	0,027	13
3			0,05	0,017	45
4			0,1	0,015	51
5		Поліоксиетилен	0,005	0,015	51
6			0,01	0,015	51
7		Поліакрилонітрил	0,01	0,030	3
8			0,05	0,027	13
9			0,1	0,026	16
10			0,5	0,020	35
11		Сульфатне мило	0,5	0,031	0
12			1,0	0,027	13
13			2,0	0,027	13
14		ПАА + сульфатне мило	0,05 + 0,5	0,015	51
15		Поліакриламід + талове масло + ОП-10	0,05 + 0,5 + 0,25	0,015	51
16		Диталан + NaCl	0,5 + 5	0,018	42
17		Метаупон	0,5	0,024	22

Наочна графічна демонстрація результативності E від застосування деяких активних речовин та їх сумішей для зниження гідравлічних опорів в циркуляційній системі (визначена за формулою 3) представлена на рис. 2.

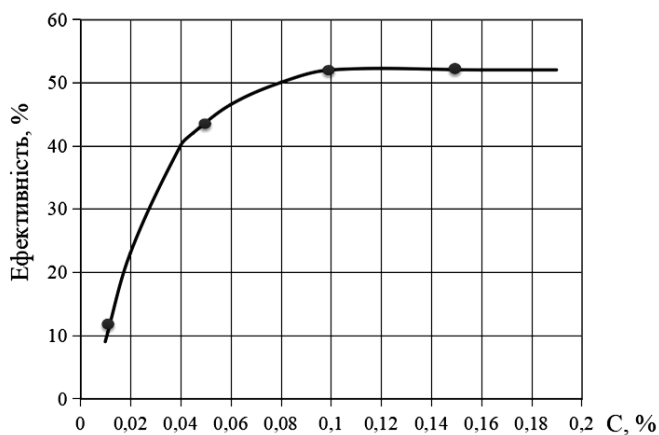


Рис. 2. Деяка усереднена залежність ефективності зниження гідравлічного опору E (%) при циркуляції активованих рідин від концентрації активних речовин C (%)

Аналізуючи дані рис. 2, можна побачити наступну якісну залежність: найбільший вплив на ефект зниження гідравлічних опорів чинять активні речовини при їх концентрації в розчині до 0,1; при подальшому зростанні показника С ефект впливу стабілізується та залишається майже незмінним.

В результаті проведених експериментальних досліджень також вдалось встановити, що введення до складу рідин, наприклад, поліакриламід у оптимальних концентраціях сприяє деякому покращенню характеристик роботи насоса; останнє проявляється в зниженні витрат потужності.

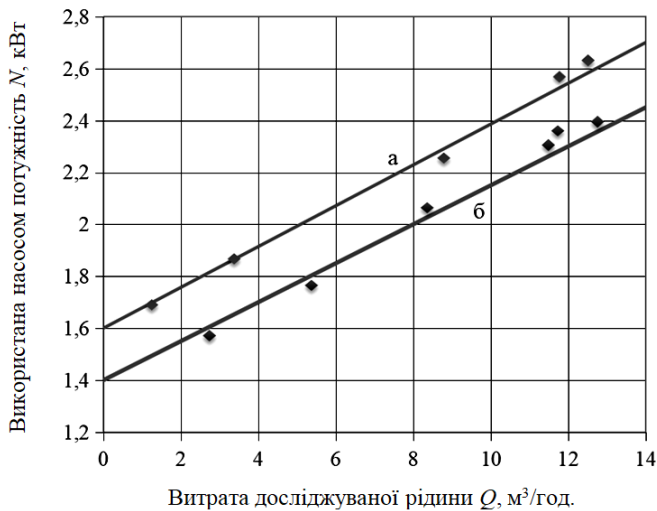


Рис. 3. Характеристична залежність рівня витраченої насосом потужності від витрати рідини: а – вода; б – вода з добавкою 0,05% ПАА

здатність полімерів поступово втрачати ефективність у результаті деструкції молекул [14]. Загалом деструкцію можна визначити як явище, що супроводжується розривом хімічних зв'язків головного ланцюга макромолекули; залежно від природи факторів, які викликають

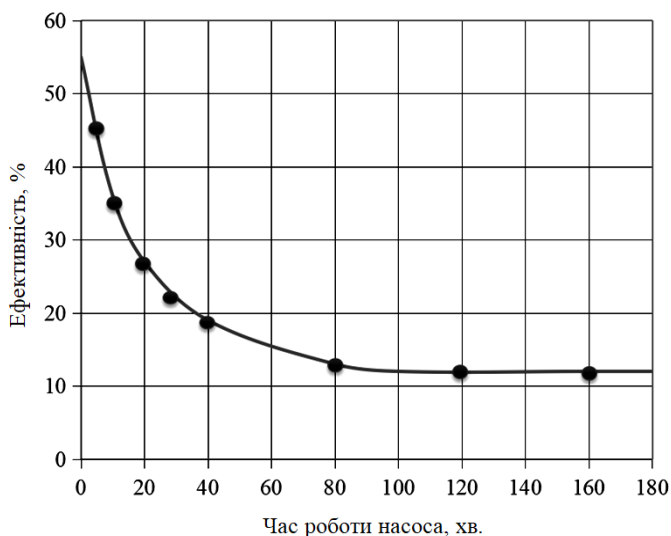


Рис. 4. Залежність ефективності дії E речовини ПАА від часу роботи насоса

зменшення гідравлічних опорів, що, у свою чергу, потребує проведення додаткових хімічних обробок циркулюючих рідин.

При проведенні означених досліджень (рис. 3) визначали розрідження на вході в насос, тиск на виході з нього, рівень витраченої електродвигуном насоса потужності та витрату рідини. Дані вказаного рисунку свідчать про комплексність впливу активних речовин (на прикладі ПАА) на перебіг циркуляційних процесів в гідравлічному контурі та дозволяють констатувати можливість застосування полімерних речовин для стабілізації показників енергетичної ефективності роботи експлуатованих бурових насосів.

У процесі проведення розглядуваних лабораторних досліджень було також встановлено явище деструкції, розрізняють фізичну та хімічну деструкції; на практиці вказані типи реакцій в полімерах відбуваються одночасно, часто прискорюючи одна одну. Показником наявності в циркуляційній системі явища деструкції можна прийняти ефективність E зниження гідравлічних опорів (рис. 4).

На прикладі циркуляційних характеристик, визначених для ПАА, можна констатувати наявність для означеного типу полімеру присутності явища деструкції, яке виражається в досить швидкому значному зниженні масштабу впливу розчиненої в промивальній рідині активної речовини на результативність

Крім розглянутих факторів, було також з'ясовано притаманність розчинам полімерів явища зменшення гідравлічних опорів (рис. 5) при русі рідин поруч з трубами, що обертаються (модель роботи бурильної колони).

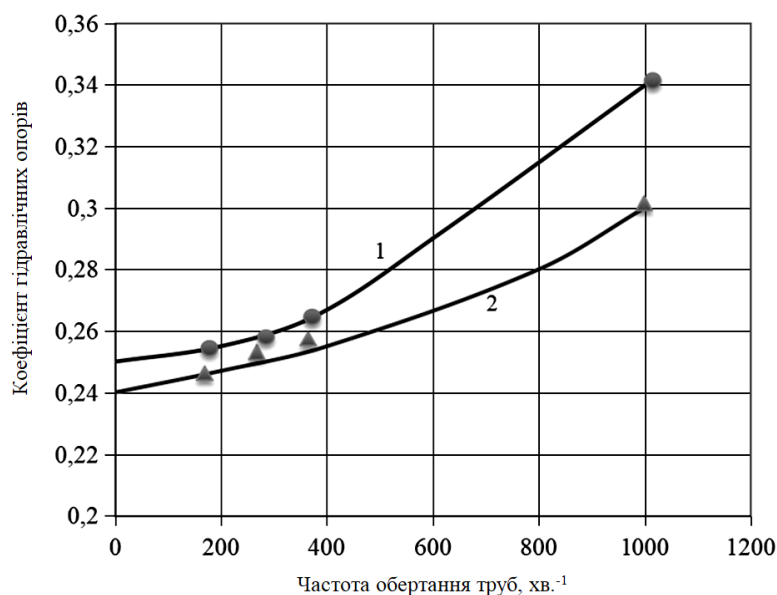


Рис. 5. Залежність рівня гідравлічних опорів від частоти обертання колони труб при циркуляції рідини в затрубному просторі: 1 – вода; 2 – 0,5% водний розчин ПАА

Дані рис. 5 показово доводять, що із зростанням частоти обертання труб також зростають гідравлічні опори в циркуляційній системі, проте інтенсивність їх росту можна суттєво зменшити шляхом введення до складу застосовуваних рідин активних добавок у вигляді полімерів.

Висновки

1. На аналітичному рівні розглянуто основні складові процесу спорудження свердловин із акцентом на необхідність раціоналізації такої важливої складової вказаного виробничого циклу, як промивання названих гірських виробок у всіх своїх проявах впливу на направленість і хід свердловинних процесів та відповідних ним технологічних операцій.

2. Конкретними промислово-лабораторними прикладами доведено необхідність здійснення цілеспрямованої обробки бурових промивальних рідин спеціальними реагентами-регуляторами, що дозволяють отримувати ті фізико-хімічні властивості для свердловинного циркуляційного середовища, які сприятимуть частковому або повному уникненню порушень нормального перебігу процесу спорудження свердловин.

3. Досить детально розглянуто характеристичні особливості впливу ряду активних речовин (в залежності від їх хімічного походження та концентраційного вмісту) на ефект зниження гідравлічних опорів при циркуляції промивальних рідин в трубах та насосному обладнанні.

4. Наступні, за логічним порядком, теоретичні та експериментальні дослідження особливостей циркуляційних процесів в споруджуваних свердловинах різного призначення повинні продовжуватись в напрямках створення раціональних рецептур промивальних рідин комплексної дії із максимальним врахуванням геолого-технічних умов застосування останніх та ефективності їх впливу на гаму свердловинних чинників.

Ye. Koroviaka, A. Ihnatov, O. Davydenko, M. Mekshun

National Technical University «Dnipro Polytechnic»

ANALYSIS OF SOME PROPERTIES OF DRILLING MUD AND THEIR INFLUENCE ON WELL DRILLING PROCESS INDICATORS

An analytical and laboratory study of the main tasks facing the flushing fluids, as well as the factors of circulation processes occurring in the well under construction, was carried out with the subsequent development of technological measures to rationalize the hydraulic program for flushing the bottom hole and the borehole of the specified specific mine workings based on the factor of reducing hydraulic losses and power for the operated pumps.

It has been experimentally proven that the greatest reduction in hydraulic resistance can be obtained by using a group of pure organic polymer compounds and with some additives; the efficiency of reducing hydraulic resistance can reach more than 50% for these substances. It has been established that the introduction of active substances in the composition of flushing fluids in optimal concentrations helps to improve the performance characteristics of the drilling pump. The rational concentration interval for a number of chemically active substances has been determined, which is the most effective from the standpoint of providing the flushing fluids with the property of complex correction of individual indicators of circulating well processes. The mechanism of influence of activated flushing fluids on the characteristic indicators of the hydraulic process of flushing fluid movement during the rotation of the drill string in a well under construction is analyzed.

Detailed experimental studies have shown the presence of the effect of some chemically active substances on individual components of the complex downhole circulation process; rationalization of such components will allow the maximum use of the reserves of existing and designed drilling equipment and tools. The obtained basic data are the basis for further developments to improve the quality and reliability of hydraulic well flushing programs for various purposes and types.

Key words: drilling mud, well, active ingredient, hydraulic resistance, polymers, circulation, pump, solution.

Література

1. Ihnatov A. Analyzing mechanics of rock breaking under conditions of hydromechanical drilling. *Mining of Mineral Deposits*. 2021. Vol. 15, N 3. P. 122–129.
2. Pavlychenko A.V., Ihnatov A.O., Koroviaka Ye.A., Ratov, B.T., Zakenov, S.T. Problematics of the issues concerning development of energy-saving and environmentally efficient technologies of well construction. *Earth and Environmental Science*. IOP Conf. Series. Vol. 1049. 2022. P. 012031.
3. Vaddadi, N. Introduction to oil well drilling. Bathos (U Vee Infosystems), 2015. 204 p.
4. Войтенко В., Вітрик В. Технологія і техніка буріння. К.: Центр Європи, 2012. 708 с.
5. Павличенко А.В., Коровяка Є.А., Ігнатов А.О., Давиденко О.М. Гідрогазодинамічні процеси при спорудженні та експлуатації свердловин. Дніпро: НТУ «ДП», 2021. 201 с.
6. Hossain, M.E., & Islam, M.R. Drilling engineering: problems and solutions. Wiley – Scrivener publishing, 2018. – 627 p.
7. Коровяка Є.А., Ігнатов А.О. Прогресивні технології спорудження свердловин. – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. 166 с.
8. Павличенко А.В., Ігнатов, А.О., Коровяка Є.А., Барташевський С.Є., Коротка І.Ю., Мекшун М.Р. Основи організації системи гідравлічного очищення свердловин. *Збірник наукових праць НГУ*. 2021. Вип. 67 С. 136–152.
9. Ігнатов А.О., Ставичний Є.М. Геологічні й техніко-технологічні особливості кріплення нафтогазових свердловин з урахуванням фізико-хімічного стану їх стовбурів. *Інструментальне матеріалознавство*. Зб. наук. пр. .Вип. 24. К.: ІНМ ім. В.Н. Бакуля НАН України, 2021. .С. 87–102.

10. Aziukovskiy O.O., Koroviaka Ye.A., Ihnatov A.O. Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions. Dnipro: Zhurfond, 2023. 159 p.
11. Lopez, J. C., Lopez, J. E., & Javier, F. Drilling and blasting of rocks. CRC Press Taylor & Francis, 2017 408 p.
12. Ihnatov A., Koroviaka Ye., Rastsvietaiev V., & Tokar L. Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling / Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons (GHT 2020): materials of IV International Scientific and Technical Conference // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 230. P. 01016.
13. Curry, G.L. Feldman, R.M. Manufacturing systems. Modeling and analysis. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. 338 p.
14. Sharma K.K., Sharma L.K. A Textbook of Physical Chemistry, 6th Edition. Vikas Publishing House, 2016. 863 p.

Надійшла 13.10.23

References

1. Ihnatov, A. (2021). Analyzing mechanics of rock breaking under conditions of hydromechanical drilling. *Mining of Mineral Deposits*, 15(3), 122–129.
2. Pavlychenko, A.V., Ihnatov, A.O., Koroviaka, Ye.A., et al. (2022). Problematics of the issues concerning development of energy-saving and environmentally efficient technologies of well construction. IOP Conf. Series. *Earth and Environmental Science*. (1049nd, p. 012031).
3. Vaddadi, N. (2015). *Introduction to oil well drilling*. Bathos (U Vee Infosystems).
4. Voitenko, V., & Vitryk, V. (2012). *Tekhnolohiya i tekhnika burinnya [Technology and technique of drilling]*. Center of Europe [in Ukrainian].
5. Pavlychenko, A.V., Koroviaka, Ye.A., Ihnatov, A.O. & Davydenko, A.N. (2021). *Hidrohadynamichni protsesy pry sporudzhenni ta ekspluatatsii sverdlovyn: monograph [Hydro-gas-dynamic processes during the construction and operation of wells]*. Dnipro University of Technology [in Ukrainian].
6. Hossain, M.E., & Islam, M.R. (2018). *Drilling engineering: problems and solutions*. Wiley – Scrivener Publishing.
7. Koroviaka, Ye.A. & Ihnatov, A.O. (2020). *Prohresyvni tekhnolohii sporudzhennia sverdlovyn: monograph [Advanced well construction technologies]*. Dnipro University of Technology [in Ukrainian].
8. Pavlychenko A., Ihnatov, A., Koroviaka Ye., et al. (2021). Osnovy orhanizatsii systemy hidravlichnoho ochyshchennia sverdlovyn [Fundamentals of organizing a hydraulic well cleaning system]. *Collection of research papers of the NMU*, 4(67), 136–152 [in Ukrainian].
9. Ihnatov, A.A., & Stavychnyi, Ye.M., (2021). Heolohichni y tekhniko-tekhnolohichni osoblyvosti kriplennia naftohazovykh sverdlovyn z urakhuvanniam fizyko-khimichnoho stanu yikh stovburiv [Geological and technical-and-technological features of casing oil and gas wells, taking into account the physical and chemical state of their wellbore]. *Instrumentalne materialoznavstvo – Tooling materials science*. (24nd, p. 87– 02) [in Ukrainian].
10. Aziukovskiy O.O., Koroviaka Ye.A., & Ihnatov A.O. (2023). *Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions*. Dnipro: Zhurfond.
11. Lopez, J. C., Lopez, J. E., & Javier, F. (2017). *Drilling and blasting of rocks*. CRC Press Taylor & Francis.
12. Ihnatov, A., Koroviaka, Ye., Rastsvietaiev, V., et al. (2021). Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling. Proceedings from Gas Hydrate

- Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons'20: IV International Scientific and Technical Conference (GHT 2020) (vol. 230, p. 01016). E3S Web of Conferences.
13. Curry, G.L. & Feldman, R.M. (2011). *Manufacturing systems. Modeling and analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
14. Sharma K.K., & Sharma L.K. (2016). *A Textbook of Physical Chemistry, 6th Edition*. Vikas Publishing House.

УДК 622.24:504.05

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-68-79

А.В. Павличенко, д-р техн. наук; **А.О. Ігнатов**, **Є.А. Коровяка**, кандидати технічних наук;
І.К. Аскеров

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

ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СПОРУДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН

Питання забезпечення належного захисту навколишнього середовища та охорони надр будуть ефективно вирішені в разі прийняття до уваги геологічної будови конкретного родовища, обґрунтованого вибору необхідного обладнання та матеріалів, а також застосування прогресивних методів розкриття та освоєння продуктивних горизонтів.

В роботі проведено детальний аналіз послідовного алгоритму створення ефективного та еколого-безпечного регламенту освоєння нафтогазових родовищ із відповідним удосконаленням техніко-технологічним супроводженням циклів розвідувального та експлуатаційного буріння в складних геологічних і гірничотехнічних умовах.

Одержані результати ґрунтовних аналітико-лабораторних досліджень, а також деякі узагальнення літературних даних, є базовими для проєктування технічного супроводу і технологічних параметрів процесів розробки нафтогазових покладів. При розробці проєктів освоєння родовищ корисних копалин, особлива увага повинна приділятися питанням охорони навколишнього середовища за рахунок реалізації комплексних заходів раціонального використання природних ресурсів, що і доведено в представленій роботі.

Ключові слова: *свердловина, промивальна рідина, гірська порода, екологічна безпека, тампонажний цемент, вибій, робочий цикл, хімічний реагент, буровий шлам, вуглеводні.*

Постановка проблеми

Для нашої держави саме нафтова і газова промисловість виступають пріоритетним та перспективним напрямком розвитку економіки [1]. Стале функціонування нафтової і газової галузей має на меті забезпечення різних секторів промислового виробництва та побутових потреб енергоносіями та відповідною потребою замкнених циклів хімічною сировиною.

Дамо декілька необхідних пояснень, які дозволять сформулювати ключові вимоги до процесів розробки родовищ нафти і газу. Загалом нафта представляє собою горючу корисну копалину, з хімічної точки зору це досить складна суміш вуглеводнів різних класів [2]. Фізично нафту можна охарактеризувати як в'язку рідину жовтувато-зеленого, червоно-коричневого упритул до чорного кольору, іноді зустрічається навіть безбарвна нафта; вона має характерний запах, як правило, її густина менше ніж густина води, в останній вона нерозчинна. З геологічних характеристик нафти, необхідно підкреслити те, що вона утворюється разом з газоподібними вуглеводнями на глибині понад 1000 м; може залягати на глибинах від десятків