

© О.М. Давиденко¹, Р.А. Агаєв², С.О. Шипунов¹, В.В. Яворська¹, М.І. Кононов¹
¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна
² Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

СВЕРДЛОВИННЕ МЕХАНОГІДРОВИДОБУВАННЯ НА ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

© O. Davydenko¹, R Ahaiev², S. Shypunov¹, V. Yavorska¹, M. Kononov¹
¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
² Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Science of Ukraine, Dnipro, Ukraine

DRILLING MECHANICAL HYDROGEN EXTRACTION AT MINING ENTERPRISES OF UKRAINE

Мета. Підвищення техніко-економічних показників свердловинного механогідровидобування за рахунок вибору типу та оптимальної рецептури бурових промивальних рідин. В умовах сьогодення нестача енергоносіїв вимагає залучати до виробництва енергії більш широке коло природних явищ, шукати надійні шляхи та способи підвищення коефіцієнту корисної дії виробництва. Використання енергії також вимушує впроваджувати ресурсозберігаючі екологічно безпечні геотехнології на енергоємних технологічних процесах видобутку, транспортування, подрібнення і збагачення корисних копалин в умовах потужних гірничих підприємств України.

Методика. Дослідження особливостей створення і реалізації прогресивної комплексної гідравлічної програми спорудження свердловин виконано із застосуванням сучасних методів аналітичного аналізу і експериментальних досліджень, зокрема шляхом використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання, методик обробки результатів досліджень у середовищі MATHCAD, контрольно-вимірювальних приладів і матеріалів.

Результати. Розробка та оперативне впровадження обґрунтованих ресурсозберігаючих екологічно безпечних геотехнологій та природоохоронних стратегій. Промивальну рідину, оброблену постійним електричним струмом, можна застосовувати для підвищення техніко-економічних показників процесу буріння свердловин.

Наукова новизна. Встановлено залежності, які описують процес утворення під впливом породоруйнівного інструменту окремих частинок породи, що піддаються дії прикордонного шару, та інших, які попадають в зону дії ламінарного підшару. Встановлено залежність, яка описує процес залишення частин шламу, який не винесено потоком промивної рідини, що, у свою чергу, призводить до подальшого його здрибнювання та підвищеного зносу породоруйнівного інструменту.

Практична значимість. Отримано дані щодо адсорбційного зниження твердості, яка є наслідком підвищення спорідненості породи, що руйнується, до промивної рідини. Це відбивається в інтенсивному зв'язуванні водних (гідратних) оболонок на внутрішній поверхні мікрощілин або в їх устях. Наведено та обґрунтовано параметри підвищення ефективності видобування залізних руд в умовах родовищ України, зокрема ретельному підході щодо процесу регулювання значення рівня рН очисних агентів, враховуючи геолого-технічні умови проведення бурових робіт і цільове призначення свердловин.

Ключові слова: проблеми видобування залізних руд, свердловинне механогідровидобування, відрив частинки від вибою, рух промивної рідини по вибою, бурові промивальні рідини та їх функції, вплив електричного струму на технологічні властивості промивальної рідини.

Вступ. У світі значними темпами зростають матеріальні потреби суспільства і це дає можливість зробити висновок, що в світі відбувається сучасна політично-економічна криза, яка пов'язана з черговим перерозподілом енергоресурсів. Україна володіє достатньо великими світовими запасами заліза (20%), марганцю (42%) та урану (4%). Аналіз роботи вітчизняних залізрудних підприємств свідчить про низький рівень технологічного забезпечення енергоємності товарної продукції у порівнянні з закордонними аналогами. Ось тому для України головними аспектами є видобування, повнота вилучення, якість переробки мінеральних ресурсів, багатофакторність складу і глибини залягання корисних копалин, а також застосування принципово нових енергозберігаючих технологій видобування корисних копалин.

Найбільш енергоємним технологічним процесом переробки руди є збагачення, в якому витрачається близько 20 % всіх енергоресурсів підприємств. Разом з тим, встановлено, що витрати на амортизацію гірничого обладнання в цілому на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу за 2015-2020 рр. склали від 23,8 % до 18,5 %. З урахуванням вищезазначеного пропонується здійснити впровадження ефективних геотехнологій на сучасних гірничо-рудних підприємствах, які б дозволили знизити рівень витрат електроенергії та енергії буровибухових робіт, стислого повітря, технічної води, технологічних можливостей, застосованого устаткування і організації гірничого виробництва.

Поліпшення екологічної ситуації в регіонах, підтримання потужностей з видобутку залізних руд і підвищення ефективності гірничого виробництва можливі за рахунок комплексного способу розробки родовищ корисних копалин, що дозволить зберегти не тільки навколишнє середовище, але й суттєво знизити капітальні та поточні витрати.

Дефіцит енергії змушує людство залучати до енерговиробництва більш широке коло природних явищ, шукати надійні шляхи та способи підвищення коефіцієнту корисної дії виробництва і використання енергії, а також ширше впроваджувати ресурсозберігаючі екологічно безпечні геотехнології на енергоємних технологічних процесах видобутку, транспортування, подрібнення і збагачення залізної руди на потужних гірничо-збагачувальних комбінатах України [1–3].

Енергетичні витрати на матеріали протягом останніх років мають тенденції суттєво підвищуватись і досягають 50 % усіх операційних витрат гірничорудного підприємства. Значимість підвищення ефективності енергозбереження на сучасних кар'єрах обумовлюється загальним зростанням потреби в енергії, відносно обмеженості і подорожчанням первинних енергоресурсів, а також посиленням екологічних вимог до гірничовидобувної галузі вітчизняної промисловості та до охорони навколишнього середовища в цілому. За таких умов успішний розвиток енергоефективності буде полягати в нарощуванні обсягів вироб-

ництва первинних енергоресурсів при пріоритетному впровадженні енергозбереження, насамперед, в енергоємних технологічних процесах, зокрема на етапі подрібнювання залізорудної сировини [4–7].

Виконані дотепер дослідження показують, що в умовах зростаючого дефіциту енергоресурсів вирішення проблеми економічного потенціалу України можливо шляхом розробки і широкого впровадження енергозберігаючих технологій.

Основна частина. У теперішній час для таких умов підвищення ефективності робіт все ширше впроваджується свердловинне механогідровидобування (СМГВ). Воно є способом підземної гідравлічної розробки родовищ корисних копалин, при якому корисна копалина перетворюється на місці залягання на гідросуміш. Відсутність розкривних робіт при СМГВ дозволяє зберегти в цілості культурний шар ґрунту. Технологія СМГВ передбачає замкнуту схему водопостачання, що дозволяє істотно зменшити споживання води і практично не забруднювати поверхневі і підземні води та не забруднювати повітря родовища шламом і вихлопними газами. Ще однією з переваг методу СМГВ є відсутність людей в підземних виробках. Ведення і управління виробничими процесами здійснюється з поверхні [1, 8].

Свердловинне механогідровидобування може використовуватись як самостійний спосіб. При обертальному бурінні геологорозвідувальних свердловин руйнування породи на вибою свердловини здійснюється за рахунок механічного впливу на неї шарошковими долотами. Зруйнована гірська порода потоком очисного агента миттєво видаляється з вибою свердловини.

На кафедрі нафтогазової інженерії та буріння Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» проводяться наукові дослідження, направлені на підвищення техніко-економічних показників свердловинного механогідровидобування за рахунок вибору типу та оптимальної рецептури бурових промивальних рідин [9–12].

Процес очищення вибою можна розділити на три окремих, але взаємопов'язаних етапи, кожний з яких має різну фізичну природу існування та впливу на процес в цілому. Перший етап – це відрив зруйнованої частинки шламу від поверхні вибою та переведення її до зваженого стану, другий – винесення зважених частинок шламу з вибійної зони, третій – очищення озброєння інструменту (при використанні доліт).

Розглянемо механізм відриву частинки від вибою, на яку діють сили, що утримують її на місці утворення. Вони обумовлені вагою частинки і тиском стовпа рідини (гідростатичний тиск) на вибою. Якщо порода вибою є проникною та насичена рідиною, то очевидно, що притискна сила, обумовлена гідростатичним тиском, прямо пропорційна диференціальному тиску ($P_{\text{диф}}$), тобто різниця між гідростатичним тиском (P_r) та внутрішньопоровим тиском (P_n). При $P_r = P_n$, сила, що притискує частинку до вибою, дорівнює нулю. В залежності від співвідношення P_r і P_n створюються умови для фільтрації промивної рідини в пласт для виходу пластової рідини до свердловини.

Від цього співвідношення також залежить чи буде діяти на частинку додаткова притискна або сила, що відриває. Час вирівнювання тисків визначається часом проникнення промивної рідини або фільтрату під відколоту частинку (рис. 1).



Рис. 1. Можливі схеми відриву частинок зруйнованої породи від вибою

Рух промивної рідини безпосередньо на вибою свердловини характеризується тим або іншим ступенем турбулентності у потоку, значення якого визначається величиною критерію Рейнольдса

$$Re = \frac{ud_e \rho}{\mu} \quad (1)$$

де u – швидкість потоку на вибою, м/с; d_e – еквівалентний діаметр потоку, м; ρ – густина промивної рідини, кг/м³; μ – динамічна в'язкість рідини, Па·с.

Вченими США було запропоновано наступну схему руху промивної рідини по вибою [13]. В процесі буріння на вибою утворюється прикордонний шар, в якому при малих швидкостях руху промивної рідини може встановитися або ламінарний режим (характеризується параболічним розподіленням швидкостей), або турбулентний (характеризується сплосченим розподілом швидкостей) та незалежно від режиму руху в прикордонному шарі – ламінарний підшар, який суттєво впливає на умови руху зруйнованих частинок породи. Товщина ламінарного підшару залежить від в'язкості промивної рідини та швидкості її руху. Товщину ламінарного підшару та швидкість руху в ньому пропонується визначати за наступними формулами:

$$h_l = a \cdot \left(\frac{\nu}{U_{сер}} \right) \quad (2)$$

$$U_y = b_y \cdot \left(\frac{U_{сер}^2}{\nu} \right) \quad (3)$$

де h_l – товщина ламінарного підшару, м; ν – кінематична в'язкість рідини, м²/с; $U_{сер}$ – середня швидкість руху рідини в зоні вибою, м/с; U_y – швидкість руху рідини в ламінарному підшару на відстані y від вибою, м/с; a і b – коефіцієнти, які залежать від коефіцієнту гідравлічного опору, густини промивної рідини та інших чинників.

Таким чином, можна зробити висновок. Одні частинки породи, що утворилися під впливом породоруйнівного інструменту, піддаються дії прикордонного шару, інші попадають в зону дії ламінарного підшару (рис. 2). В результаті частина шламу залишається не винесеною потоком промивної рідини, що призводить до подальшого його здрібнювання та підвищеного зносу породоруйнівного інструменту.



Рис. 2. Профіль швидкостей у привибійній зоні свердловини

Неважко побачити, що згідно з формулами (2) та (3) при підвищенні швидкості руху рідини у привибійній зоні товщина ламінарного підшару зменшиться в два рази, а швидкість руху рідини у ньому самому збільшиться в чотири рази.

Видаленню частинки з вибою сприяє відштовхувальна та зсувна дії елементів озброєння породоруйнівного інструменту. При русі промивної рідини на вибою частинка шламу, що розташована на його поверхні, випробовує вимивну дію потоку, що рухається паралельно вибою.

При бурінні шарошковими долотами для відриву частинки зруйнованої породи від вибою потоком промивної рідини необхідно створити достатньо високу гідродинамічну силу, що буде діяти на частинку. Однак для цього недостатньо створити тільки високу швидкість потоку на виході з насадок. Необхідно також, по можливості, наблизити насадки до поверхні вибою. В деяких випадках для досягнення досконалої очистки вибою використовують замість трьох промивних отворів два або один, а також встановлюють насадки гідромоніторних доліт похило, що тягне за собою збільшення сили, діючої з боку потоку на частинку зруйнованої породи, яка знаходиться на вибою.

При бурінні свердловин у складних гірничо-геологічних умовах бурові промивальні рідини повинні виконувати такі основні функції:

- а) повністю і ефективно очищати вибій від частинок розбурюваних порід і видаляти їх на денну поверхню;
- б) створювати гідростатичний тиск, достатній для попередження флюїдопроявлень як в процесі буріння, так і при тривалому припиненні промивання;
- в) утримувати частинки розбурюваної породи та інші частинки твердої фази в змуленому стані при припиненні циркуляції і запобігати їх осіданню на вибій та ін.

Промивальна рідина складається, як правило, з дисперсійного середовища рівномірно розподіленої в ньому дисперсної фази і невеликої кількості хімічних реагентів, які призначені для регулювання тих чи інших властивостей. Диспер-

сна фаза складається, в основному, з двох або більше компонентів. Першим найважливішим її компонентом є невелика кількість колоїдного матеріалу, необхідного для забезпечення стабільності промивальної рідини, здатності утримувати в спокою грубодисперсні частинки важких матеріалів. Другим важливим компонентом дисперсійної фази служать дрібні частинки важких (глина, крейда, барит і т. ін.) або легких (повітря) матеріалів, які використовуються для надання промивальній рідині необхідної густини, регулювання тиску, що створюється нею на стінки свердловини, а також для надання здатності закупорювати великі порові канали і тріщини. Як третій компонент, використовують невелику кількість речовин для покращання мастильних властивостей промивальних рідин [13–14].

При наявності в розрізі свердловини глинистих порід, насамперед їх здатність до набрякання визначає ступінь складності процесу спорудження стовбура свердловини [15]. Глини, що містять монтморилоніт, називають бентонітовими. При набряканні вони можуть збільшуватися в об'ємі до 14 разів. Існуюча практика буріння доводить, що застосування саме глинистих бурових розчинів дозволяє в більшості випадків попередити можливі ускладнення в стовбурі свердловини, пов'язані із проявом різноманітних фізико-хімічних властивостей осадових порід і в даному випадку глин. Разом з тим, ефективність застосування глинистих розчинів може бути максимальною лише за умов піддавання глинистих бурових розчинів спеціальній обробці, яка передбачає фізичну та хімічну обробку дисперсійного середовища. З бентонітових глин навіть без усякої хімічної обробки виходять кращі по стабільності й інших показниках розчини. Каолінітові глини погано розпускаються у воді. Стабільність каолінових розчинів дуже незначна. Ілітові мінерали дають розчин, який по якості займає проміжне положення. При приготуванні глинистих розчинів необхідно контролювати наступні їх основні технологічні параметри (таблиця).

Таблиця

Типи і параметри деяких видів промивальних рідин на основі глин

Тип промивальної рідини, розчина	Основні технічні параметри				
	Густина ρ , кг/м ³	Умовна в'язкість T , с	Водовіддача V , см ³ /30 хв	Напруга зсуву, Па	
				динамічна	статична
Нормальний глинистий	1070-1130	20-24	20-30	17-20	7,4-13
Нормальний глинистий з підвищеною кількістю глини	1150-1200	25-30	25-35	18-20	8-14
Покращений глинистий	1060-1100	19-23	12-15	19-21	8,2-15
Малоглинистий полімер-бентонітовий	1040-1060	16-33	3-12	2-4	1-3
Обважений баритом глинистий	1600-1900	25-60	5-6	17-25	17-24
Розчин на основі вибурених глинистих порід необроблених	1020-1050	16-20	25-30	8-12	2,5-6

При приготуванні глинистого розчину здійснюють додаткове диспергування глин. Ступінь дисперсності глинистих часток залежить від інтенсивності здрібнювання, фізико-хімічного і мінералогічного складу глини. Найбільшу дисперсність мають монтморилоніти, найменшу – каолінові глини. Фракція більш 1 мкм у відсотках по вазі для бентоніту складає біля 15%, а для каолініту-60%; менш 50 мкм для бентонітів – близько 40%, каолініт такої фракції не дає [16].

Найширше в бурінні використовують рідини на водній основі, рідини на вуглеводневій основі застосовують значно рідше, хоч вони дають дуже добрі результати при розкритті нафтових пластів, розбурюванні нестійких глинистих і хемогенних порід. Обсяг застосування аерованих рідин в останні роки дещо збільшився, проте в цілому він залишається ще недостатньо великим. Застосування газоподібних агентів обмежується геологічними умовами та глибиною буріння [4].

На кафедрі нафтогазової інженерії та буріння Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» також були проведені дослідження впливу постійного електричного струму на технологічні властивості промивальної рідини.

Після обробки електричним струмом рідина переходить в метастабільний, так званий активований стан, який характеризується аномальними значеннями фізико-хімічних параметрів, у тому числі окислювально потенціалу, пов'язаного з активністю електронів у воді, електропровідності, водневого показника рН, поверхневого натягу та інших параметрів і властивостей. Електрохімічна обробка рідини постійним електричним струмом дозволяє змінювати значення водневого показника рН від 3 (що відповідає кислотній фракції) до 10 (лужна фракція) [17].

Промивальна рідина набуває властивостей кислоти або лугу, не будучи такою за хімічним складом. У бурових промивальних рідинах концентрація водневих іонів може змінюватися в широких межах. Ступінь кислотності або лужності бурових розчинів істотно впливає на прояв ними інших властивостей. Так, змінюючи величину рН, можна змінювати реологічні і фільтраційні властивості, інгібуючу здатність бурових розчинів, їх седиментаційну стійкість та ін. Величина рН також впливає на розчинність неорганічних реагентів (солей) і ефективність дії полімерних реагентів. При цьому оптимальні значення рН знаходяться, як правило, в діапазоні від 9 до 11. Однак для лужних середовищ із зростанням рН збільшується ймовірність:

- порушень стійкості стінок свердловин, складених глинистими породами, за рахунок їх додаткового зволоження в результаті інтенсифікації електроосмотичних процесів;

- хімічного диспергування (пептизації) глинистих порід, що ускладнює їх видалення з бурового розчину, викликаючи тим самим зростання його щільності, в'язкості і статичної напруги зсуву;

- зниження природної проникності продуктивних піщано-глинистих колекторів через зменшення розмірів порових каналів, обумовленого набряканням глинистої складової продуктивних пластів, а також через закупорювання цих каналів мігруючими в них глинистими частинками.

Для визначення впливу на фізико-механічні властивості твердих гірських порід при обробці їх промивальною рідиною, яка зазнала електрохімічного впливу постійного електричного струму, були проведені експериментальні дослідження на установці УМП-3 методом статичного вдавлювання металевого штампа (індентора) в зразки, представлені керновим матеріалом.

Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що вплив кислотної складової електрохімічно обробленої рідини дозволяє знизити величину навантаження, за якої відбувається руйнування породи, в середньому на 78%, а вплив лужної складової – відповідно на 9÷10% порівняно з впливом рідини, не обробленої електричним струмом. Водночас при використанні лужної фракції рідини спостерігається значне зменшення величини питомої об'ємної роботи руйнування.

Адсорбційне зниження твердості відбувається внаслідок підвищення спорідненості породи, що руйнується, до промивної рідини. Це проявляється в інтенсивному зв'язуванні водних (гідратних) оболонок на внутрішній поверхні мікрощілин або в їх устях.

При дуже малих концентраціях дисоційованих іонів нерухомий адсорбційний шар ненасичений. Підвищення концентрації іонів у рідині викликає адсорбцію їх з однойменно зарядженими іонами адсорбційного шару. При цьому відбувається перехід відповідної кількості противоіонів із рідини в дифузний шар. Цей процес супроводжується збільшенням електрокінетичного потенціалу поверхні твердого тіла. Дифузний шар іонів зв'язує з поверхнею велику кількість води, яка міститься в цьому шарі. Тому утворення дифузного подвійного шару на поверхні значно збільшує товщину зв'язаного з нею гідратної оболонки, особливо за рахунок гідратованих іонів, які утворюють дифузний шар. Рівень гідратації поверхні за рахунок подвійного шару певною мірою характеризується величиною електрокінетичного потенціалу. Одночасно з утворенням подвійного електричного шару іони дисоційованої води можуть вступати в обмінну адсорбцію з іонами поверхні твердого тіла. При цьому відбуватиметься підвищення інтенсивності взаємодії поверхні з водою (збільшення гідрофільності). Що виражається через значення водневого показника рН, та ефективністю зниження міцності гірських порід при проведенні руйнування в зоні контакту поверхні породи, промивальної рідини та породоруйнівного інструменту.

Висновки. З урахуванням вищезазначеного, перспективними напрямками подальшого підвищення ефективності процесу видобування залізних руд на родовищах України можуть бути:

- розробка та оперативне впровадження обґрунтованих ресурсозберігаючих екологічно безпечних геотехнологій та природоохоронних стратегій;
- своєчасний перехід на комбінований відкрито-підземний спосіб відпрацювання певного родовища корисних копалин;
- здійснення енергозбереження за рахунок широкого впровадження у технологічний процес видобутку і переробки руди;
- технічне переозброєння гірничих підприємств та створення ефективної системи усереднення залізної руди;

– ретельний підхід до процесу регулювання значення рівня рН очисних агентів, зважаючи на геолого-технічні умови проведення бурових робіт і цільове призначення свердловини. Промивальну рідину, оброблену постійним електричним струмом, можна застосовувати для підвищення техніко-економічних показників процесу буріння свердловин.

Перелік посилань

1. Стовпник, С.М., & Темченко, О.А. (2019). Проблеми підвищення енергоефективності геотехнологій на гірничорудних підприємствах. *Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції (15-16 травня 2019 р., м. Київ), 1*, 558-564.
2. Бардась, А.В., & Богач, К.С. (2013). Науково-технічні принципи впровадження ресурсозберігаючих екологічно безпечних геотехнологій. *Сталий розвиток економіки, 1*, 177-180. http://nbuv.gov.ua/UJRN/sre_2013_1_40
3. Кравець, В.Г., Темченко, О.А., Вапнічна, В.В., & Шиповський, Г.В. (2016). Дослідження надійності функціонування гірничотранспортного устаткування на глибоких залізрудних кар'єрах. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво» : збірник наукових праць, 30*, 48-60. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37492>
4. Бережний, Є.О., Гавриленко, В.М., Григоровський, В.В., Євтушенко, Л.В., Запорожець, О.І., Мовчан, Я.І., Пашкевич, М.О., Тронь, О.Я., & Гулевець, Д.В. (2013). Енергоефективність України: виклики часу. *Вісник Національної академії наук України, 7*, 61-69. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2013_7_9
5. Давидова, Ю.В., Струк, В.О. (2013). Досвід Європейського Союзу у сфері підвищення енергоефективності. *Ефективність державного управління, 34*, 165-172.
6. Денисенко, Л.О., Малоголовець, Р.Л. (2013). Система енергетичного менеджменту як основа ефективного управління енергоспоживанням. *Технології та дизайн, 3(8)*, 1-7. http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2013_3_19.
7. Домбровський, З.І. (2012). Напрями удосконалення управління проектами енергоефективності. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 6*, 54-57.
8. Розен, В.П., Пархоменко, Р.О., & Казембе, К.Д. (2018). Режимы, параметри та ефективність функціонування систем електропостачання підземних рудників. *Вісник Вінницького політехнічного інституту, 1*, 86-91.
9. Мислюк, М.А., & Салижин, Ю.М. (2007). Система вибору оптимальних рецептур обробки бурових розчинів. *Нафтова і газова промисловість, 5*, 25-28.
10. Мислюк, М.А., Хоминець, З.Д., Салижин, Ю.М., Богуславець, В.В., & Волошин, Ю.Д. (2013). Деякі напрями удосконалення технологій спорудження свердловин на сланцевий газ. *Нафтова галузь України, 1*, 40-45.
11. Лубан, Ю.В., Кунцяк, Я.В., Лубан, С.В., Белека, Ю.А., Круль, Д.М., & Кулик, Я.І. (2008). Біокар-безглиниста промивальна рідина для буріння похило скерованих і горизонтальних свердловин та розкриття продуктивних горизонтів. *Нафтова і газова промисловість, 4*, 18-21.
12. Кунцяк, Я.В. (2013). *Розробка та впровадження комплексу технічних засобів і технологій буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин (для умов нафтогазових родовищ України)* (Дисертація доктора технічних наук, Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу). <https://library.nung.edu.ua/kuntsyak-yaroslav-vasilovich.html>
13. Pavlychenko, A. V, Ihnatov, A. O., Koroviaka, Y. A., Ratov, B. T., & Zakenov, S. T. (2022). Problematics of the issues concerning development of energy-saving and environmentally efficient technologies of well construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1049(1)*, 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012031>

14. Давиденко, О.М., & Ігнатов, А.О. (2012). *Пряма і зворотня схеми очищення при бурінні свердловин*. Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет».
15. Коровяка, Є.А., & Ігнатов, А.О. (2020). *Прогресивні технології спорудження свердловин*. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
16. Павличенко, А.В., Коровяка, Є.А., Ігнатов, А.О., & Давиденко, О.М. (2021). *Гідрогазодинамічні процеси при спорудженні та експлуатації свердловин*. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
17. Давиденко, О.М., & Поліщук, П.П. (2011). Обґрунтування впливу промивальної рідини, обробленої електричним струмом, на фізико-механічні властивості гірських порід у процесі буріння свердловин. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 4, 83-86. http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnng 2011_4_16

ABSTRACT

Purpose. Increasing the technical and economic indicators of well mechanohydraulic production due to the selection of the type and optimal formulation of drilling flushing fluids. In today's conditions, the lack of energy carriers requires involving a wider range of natural phenomena in energy production, looking for reliable ways and methods of increasing the efficiency of production. The use of energy also forces the introduction of resource-saving, environmentally safe geotechnologies in the energy-intensive technological processes of mining, transportation, crushing and beneficiation of minerals in the conditions of powerful mining enterprises of Ukraine.

The methods. The study of the features of the creation and implementation of a progressive complex hydraulic program for the construction of wells was carried out using modern methods of analytical analysis and experimental research, in particular by using general principles of mathematical and physical modeling, methods of processing research results in the environment of MATHCAD, control and measuring devices and materials.

Findings. Development and operational implementation of justified resource-saving ecologically safe geotechnologies and environmental protection strategies. Flushing fluid treated with direct current can be used to increase the technical and economic indicators of the well drilling process.

The originality. Dependencies have been established that describe the process of formation under the influence of a rock-destructive tool of individual rock particles that are exposed to the action of the boundary layer, and others that fall into the zone of action of the laminar sublayer. A dependency has been established that describes the process of leaving parts of the sludge that are not carried away by the flow of washing liquid, which, in turn, leads to its further grinding and increased wear of the rock-crushing tool.

Practical implementation. Data were obtained on the adsorption reduction of hardness, which is a consequence of the increase in the affinity of the collapsing rock to the washing liquid. This is reflected in the intensive binding of water (hydrate) shells on the inner surface of microcracks or in their mouths. The parameters for improving the efficiency of iron ore extraction in the conditions of deposits of Ukraine are given and substantiated, in particular, a careful approach to the process of regulating the pH level of cleaning agents, taking into account the geological and technical conditions of drilling operations and the intended purpose of wells

Keywords: *problems of iron ore extraction, borehole mechanohydraulic mining, separation of particles from the hole, movement of washing fluid along the hole, drilling washing fluids and their functions, the influence of electric current on the technological properties of the washing fluid.*