

7. ПРОМИВАННЯ І ПРОДУВКА СВЕРДЛОВИН

Навчальні цілі: у результаті вивчення розділу студент повинен знати способи видалення шламу при бурінні свердловин; типи, властивості, методи вимірювання і способи регулювання властивостей промивальних рідин; технологію приготування промивальних рідин; особливості буріння свердловин з продувкою повітрям; уміти вибрати промивальну рідину для вирішення різних завдань у конкретних геолого-технічних умовах; виміряти властивості промивальної рідини; підібрати реагенти для регулювання властивостей рідини; розрахувати необхідну кількість рідини для промивання свердловини.

7.1. Видалення продуктів руйнування гірських порід при бурінні свердловин

Зруйнована на вибої порода повинна видалятися зі свердловини на поверхню, тому що невилучений буровий шлам цілком або частково поглинає енергію, необхідну для безперервного поглиблення свердловини.

Згідно з класифікацією проф. Сулакшина С.С. способи видалення продуктів руйнування відповідно до виду застосовуваної для цієї мети енергії поділяються на механічні, гідравлічні, пневматичні й комбіновані (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Класифікація способів видалення продуктів руйнування при бурінні свердловин (за С.С. Сулакшиним)

Клас	Способи видалення продуктів руйнування	Засоби видалення продуктів руйнування
I	Механічний	Підйом бурового снаряда на поверхню Обертання гвинтового транспортера (шнека) Задавлювання продуктів руйнування у стінки свердловини
II	Гідравлічний	Потік промивальної рідини
III	Пневматичний	Потік стиснутого повітря (газу)
IV	Комбіновані:	
	гідропневматичний	Потік стиснутого повітря і циркуляція промивальної рідини
	гідромеханічний	Потік рідини і підйом бурового снаряда на поверхню
	пневмомеханічний	Буровий інструмент і потік повітря

Механічні способи видалення продуктів руйнування мають такі різновиди: порціонний, ущільненням у стінки свердловини і безперервний (потіковий).

Порціонний спосіб очищення характерний для ударного й обертального способів руйнування породи на вибої свердловини. У першому випадку для видалення шламу використовується спеціальний інструмент – желонка (рис. 7.1, а), що являє собою трубчастий корпус 3 з гострим башмаком 6, що опускається в свердловину на канаті 1, закріпленому на дужці 2. Нижній торець корпусу оснащений зворотним клапаном 5. При скиданні желонки на вибій клапан відкривається під тиском розріджених продуктів руйнування (шламу) 4, що проходять усередину труби 3. При підйомі желонки клапан під дією ваги шламу закривається. Желонка витягається на поверхню, звільняється від бурового шламу і знову скидається в свердловину.

При обертальному бурінні дрібних свердловин у м'яких породах порціонне очищення здійснюється за допомогою ложок (рис. 7.1, б) і змійовиків (рис. 7.1, в), що опускаються в свердловину на бурильних трубах 7 і 9. При підйомі інструментів зі свердловини продукти руйнування утримуються або на лопатях 10 змійовика, або усередині ложки 8. При використанні порціонного способу операції руйнування вибою і чищення свердловини здійснюються послідовно в часі, що знижує продуктивність буріння.

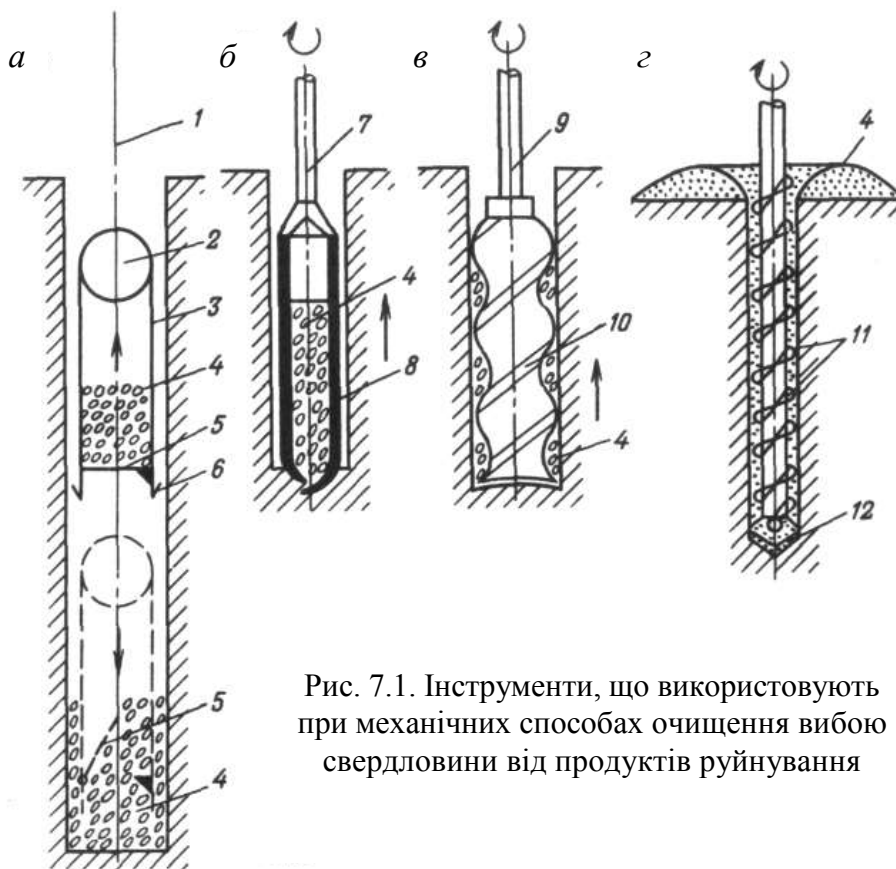


Рис. 7.1. Інструменти, що використовують при механічних способах очищення вибою свердловини від продуктів руйнування

Видалення продуктів руйнування ущільненням порід у стінки свердловини реалізується при поглибленні вибою свердловини задавлюванням або забиванням породоруйнівного інструменту.

Безперервний (потоківий) спосіб видалення – найбільш продуктивний з механічних способів очищення, тому що в цьому випадку винос продуктів руйнування, здійснюваний гвинтовим транспортером, суміщений у часі з руйнуванням вибою. Спосіб застосовується при обертальному шнековому бурінні.

Шнек (рис. 7.1, г) являє собою сталевий циліндр кільцевого або суцільного перетину, на бічній поверхні якого приварена з визначеним кроком гвинтова стрічка – реборда 11. Розбурена долотом 12 порода (буровий шлам) піднімається гвинтовою поверхнею за рахунок дії сили, що виникає при обертанні шнеків.

Гідралічний спосіб видалення продуктів руйнування найбільш розповсюджений і застосовується головним чином при обертальному й ударно-обертальному способах буріння. Продукти руйнування видаляються під дією кінетичної енергії потоку промивальної рідини, що закачують у свердловину. Існують три основні схеми промивання свердловин: пряма, зворотна і комбінована.

Пряме промивання (рис. 7.2, а) – найбільш розповсюджене. Промивальна рідина всмоктується буровим насосом із зумпфа, подається в бурильні труби і далі до породоруйнівного інструменту. Охолоджуючи останній, рідина захоплює продукти руйнування і кільцевим зазором між стовбуром свердловини і бурильними трубами виносить їх на поверхню. Пройшовши систему очищення, рідина знову попадає в зумпф, відкіля закачується насосом у бурильні труби. Таким чином, виникає замкнута циркуляція промивальної рідини.

Зворотне промивання (рис. 7.2, б) включає те ж наземне устаткування, що використовується при прямому промиванні, але рідина нагнітається в кільцевий зазор між стовбуром свердловини і бурильними трубами. Розбурені частинки виносяться зворотним потоком рідини через бурильні труби. Використовуються також інші різновиди зворотного промивання: зворотно-всмоктувальне і з використанням подвійної колони бурильних труб.

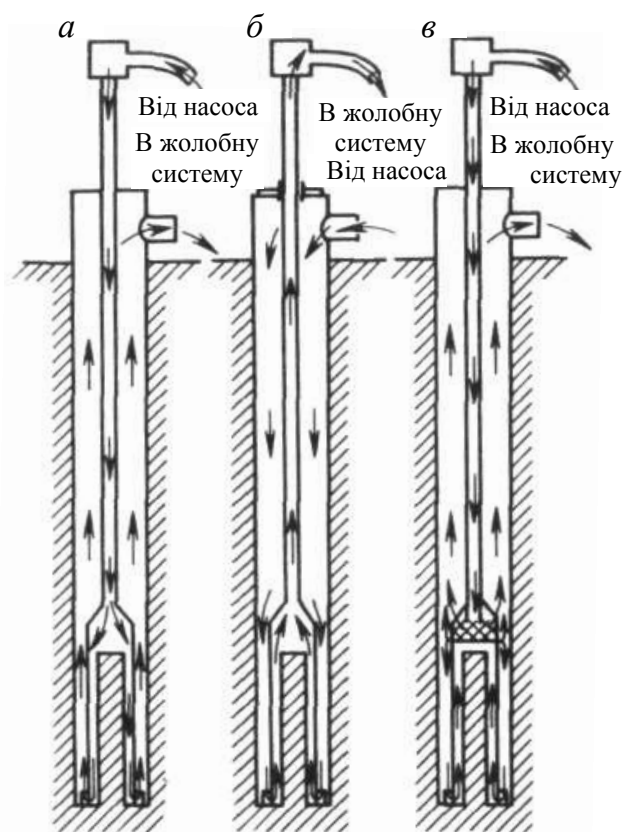


Рис. 7.2. Схеми промивання свердловин

(зашламовування) бурового снаряда невинесеними продуктами руйнування. Однак організація зворотної схеми промивання пов'язана з додатковими труднощами: необхідністю герметизації устя свердловини при одночасному обертанні бурильної колони; застосуванням більш складного інструменту й устаткування.

Комбінована схема промивання одержала найбільше поширення при використанні спеціальних технічних засобів для підвищення виходу керна.

Пневматичний спосіб видалення продуктів руйнування заснований на видаленні продуктів руйнування стисненим повітрям або газом, що нагнітається в свердловину компресором. Продувка свердловин може здійснюватися за прямою або зворотною схемою, причому найбільш поширена перша. При бурінні з продувкою порівняно з промиванням підвищується ефективність руйну-

Комбінована схема промивання

(рис. 7.2, в) полягає в створенні прямого потоку рідини всією колоною бурильних труб і лише в привибійній її частині – зворотного потоку. Найбільш широко застосовується пряме промивання внаслідок простоти організації, однак воно має ряд істотних недоліків: розмивання керна і стінок свердловини при проходці м'яких і пухких порід унаслідок великого швидкісного напору потоку; значна витрата рідини, необхідна для повного видалення шламу при бурінні свердловини великого діаметра.

Зворотне промивання забезпечує високу швидкість висхідного потоку, краще очищення вибою і схоронність керна, дозволяє бурити свердловини великого діаметра, зменшує ймовірність виникнення аварій унаслідок розмиву стінок свердловини або заклинювання

вання вибою внаслідок його розвантаження від гідростатичного тиску стовпа рідини; поліпшуються охолодження породоруйнівного інструменту й очищення вибою; забезпечується безаварійна проходка свердловин у породах, частково або цілком поглинаючих промивальну рідину; поліпшується якість керна, що відбирається; спрощується й здешевлюється організація бурових робіт. Однак пневматичний спосіб менш розповсюджений, тому що його не можна застосовувати при бурінні нестійких порід і при значних водопріпливах.

Комбіновані методи видалення продуктів руйнування засновані головним чином на використанні сполучення гідравлічного і механічного або гідравлічного і пневматичного способів очищення.

Гідромеханічний спосіб полягає у використанні для очищення вибою енергії промивальної рідини, а остаточне видалення всіх продуктів руйнування здійснюється механічним способом шляхом застосування спеціальних уловлювачів. Один з варіантів зазначеного способу полягає в очищенні свердловини за прямою схемою промивання вибою. У привибійній частині буровий снаряд має збільшені габарити, що забезпечує повне очищення вибою внаслідок великої швидкості висхідного потоку у вузькому кільцевому зазорі. Швидкість висхідного потоку зменшується при його русі в збільшеному зазорі між свердловиною і бурильними трубами. Великий шлам унаслідок падіння швидкості осідає в кільцевий простір між уловлювачем, що включається в склад снаряда та являє собою відкриту зверху трубу, та бурильними трубами і витягається на поверхню при підйомі всього бурового снаряда.

Гідропневматичний спосіб полягає у видаленні продуктів руйнування аерованою промивальною рідиною або піною. У цьому випадку істотно поліпшуються умови буріння інтервалів стовбура, у яких спостерігається часткове поглинання промивальної рідини.

7.2. Типи промивальних рідин

При обертальному бурінні промивання є основним способом очищення вибою, охолодження породоруйнівного інструменту і запобігання обвалювання стінок свердловин. Промивальні рідини повинні також запобігати викидам нафти, газу і води зі свердловини, поглинання в проникні й тріщинуваті горизонти, забезпечувати стабільність властивостей при хімічній взаємодії з підземними водами і при дії високих забійних температур. При бурінні гідрогеологічних свердловин промивальні рідини повинні забезпечити швидке відновлення природної проникності водоносних пластів. Крім того, вони не повинні розмивати керна, що вибурюють, а з припиненням циркуляції мають забезпечувати утримання розбурених частинок у зваженому стані та полегшувати руйнування вибою.

Перераховані вимоги багато в чому суперечливі, тому для конкретних геолого-технічних умов підбирають певний вид промивальної рідини.

Велике різноманіття промивальних рідин викликає потребу в їх класифікації (табл. 7.2).

Для промивання свердловин застосовують технічну воду, глинисті розчини і спеціальні види промивальних рідин для буріння в складних умовах.

Таблиця 7.2

Класифікація промивальних рідин (за С.С. Сулакшиним і П.С. Чубиком)

Клас	Підклас	Група	Тип промивальної рідини
I. Гомогенні (однофазні) рідини (системи)	Полярні Неполярні	Без дисперсної фази	Технічна вода. Полімерні розчини. Водні розчини електролітів
			Нафта. Дизельне паливо. Солярове масло
II. Гетерогенні (багатофазні) рідини (системи)	Водні	З твердою дисперсною фазою	Глинисті розчини: природні водні суспензії (ПВС); гідрогелі; солегелі
		З газоподібною дисперсною фазою	Аерована вода. Піна
		З твердою і газоподібною дисперсними фазами	Аерований глинистий розчин. Аеровані безглинисті розчини
		З рідкою дисперсною фазою	Гідрофільна емульсія (нафта у воді)
		З твердою і рідкою дисперсними фазами	Емульсійний глинистий розчин. Емульсійний безглинистий розчин
	Вуглеводневі	З твердою дисперсною фазою	Вапняно-бітумний розчин (ВБР)
		З рідкою дисперсною фазою	Гідрофобна емульсія
		З твердою і рідкою дисперсними фазами	Інвертні емульсії (обернені розчини – вода і тверді частинки в маслі)

При використанні води поліпшується очищення вибою свердловини, що сприяє підвищенню ефективності його руйнування. Разом з тим вода порушує зв'язність більшості порід, що містять глинисті матеріали, викликаючи обвали стінок свердловини, а при бурінні тріщинуватих і пористих порід вона поглинається у великих кількостях. Тому технічна вода застосовується при бурінні стійких, нерозмивних і порід, що не розчиняються.

З метою орієнтовного вибору промивальної рідини для буріння свердловини можна користуватися рекомендаціями табл. 7.3.

7.3. Глинисті розчини

Глинисті розчини широко застосовуються при бурінні пухких, сипучих та інших нестійких порід, схильних до обвалів і поглинання. Глинистий розчин являє собою колоїдно-суспензійну систему, що складається з частинок глини розміром 0,0001–0,1 мм і води. Основна властивість його – здатність при відсутності зовнішніх сил перетворюватися в малорухому драглеподібну масу, названу гелем. Це дозволяє утримувати частинки розбурених порід у зваженому стані. Додаток зовнішньої сили до розчину викликає його перехід у рухливу рідину. Здатністю драгліти володіє розчин, глинисті частинки якого добре змочуються водою, тобто володіють гідрофільністю.

Таблиця 7.3

Склад і галузь застосування промивальних рідин (за Л.М. Івачовим)

Тип очисного агента	Склад	Основні технічні параметри	Галузь застосування
1	2	3	4
Технічна вода	–	–	У стійких і вельми стійких скельних і полускельних породах
Істинні розчини			
Сольові розчини	Вода + до 20–25% NaCl чи KCl чи MН-1	–	У стійких і вельми стійких скельних і полускельних, в зимовий час у багаторічномерзлих породах, в пластах солей Na чи K невеликої потужності
Водні розчини ПАР	Вода + 0,2–1,5% ПАР, що сприяють руйнуванню гірських порід при бурінні	–	У стійких і вельми стійких скельних і полускельних породах
Водні розчини полімерів	1) Вода + 0,2–0,5% РС-2 чи РС-4 2) Вода + 0,5–1% ПАА чи гіпану 3) Вода + 0,3–0,4% М-14 + 0,06–0,15% NaOH	$\rho=1,0 \text{ г/см}^3$ $T=20\text{--}25 \text{ с}$ $pH=10,5\text{--}12$ $T=18\text{--}28 \text{ с}$ $pH=9$ $T=27\text{--}30 \text{ с}$ $pH=11\text{--}13$	При алмазному бурінні свердловин малого діаметра, у відносно стійких породах, можливо з прошарками глиномістких порід при загальній мінералізації пластових вод до 3 % і загальній жорсткості 26 ммоль/кг. Як дисперсійне середовище для отримання бурових розчинів на основі вибурених порід
Силікатно-гумінові розчини	0,72–0,84 м ³ води + 4–8% рідкого скла + 12–20% ВЛР	$\rho=1,03\text{--}1,04 \text{ г/см}^3$ $T=16\text{--}18 \text{ с}$ $V=5\text{--}8 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=8\text{--}9$	У слабостійких породах: таких, що обвалюються (осипаються), глинистих сланцях, аргілітах, перем'ятих зонах тектонічних порушень
Безглинисті полімерфеносульфатні розчини	85–90% води + 1–2 ССБ (КССБ) + 2–3% сіркокислого заліза + 0,8–1% каустичної соди + 4% гіпану чи 0,2–0,5% ПАА (КМЦ)	$\rho=1,03\text{--}1,04 \text{ г/см}^3$ $T=16\text{--}17 \text{ с}$ $V=5\text{--}7 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=7\text{--}7,5$	У нестійких і слабостійких породах, схильних до набухань і обвалів (хлоритові, хлорит-біотитові, талькові та інші сланці, сипучі рудні тіла) в умовах високої мінералізації: до 10 % Na+Ca+Mg
Безглинисті полімерлужні розчини	1) 0,9–0,92 м ³ води + 0,6–0,8% КМЦ + 8–10% ВЛР	$\rho=1,03\text{--}1,04 \text{ г/см}^3$ $T=30\text{--}45 \text{ с}$ $V=3\text{--}4 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=8\text{--}9$	У відносно стійких породах, таких, що осипаються, пісковиках, аргілітах, алевролітах, у тому числі схильних до часткових поглинань; для попередження кольматції водоносних горизонтів
	2) 0,9–0,92 м ³ води + 2,5–3% мезги + 6–7% ВЛР + 0,1–0,2% NaOH	$\rho=1,03\text{--}1,04 \text{ г/см}^3$ $T=26\text{--}40 \text{ с}$ $V=3,5\text{--}5,5 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=8\text{--}9$	
Дисперсні системи			
Емульсійні промивальні рідини (водо-мастильні емульсії)	1) Вода м'яка + 1–2% шкіряної емульгуючої пасти чи 1,5–2,5% ОСГ	–	У породах, стійких і вельми стійких при височастотному, головним чином, алмазному бурінні свердловин малого діаметра: з м'якими слабомінералізованими водами (вміст іонів Ca, Mg до 5 ммоль/кг);

1	2	3	4
	2) Вода м'яка чи слабозжорстка + 1–5% емульсолу ЕЛ-4	–	з водами підвищеної жорсткості і мінералізації (вміст іонів Ca, Mg до 45 ммоль/кг);
	3) Вода будь-якої жорсткості + 1–5% концентрату ленол-10 чи ленол-32	–	з водами будь-якої жорсткості і мінералізації
Глинисті розчини			
1. Нормальний	1) 8–22% якісної глини + вода;	$\rho=1,07-1,13 \text{ г/см}^3$ $V=20-30 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $\text{pH}=8-9$	У відносно стійких і стійких тріщинуватих породах при загальній мінералізації до 1 % NaCl
	2) 16–30% глини середньої якості + вода	$\rho=1,1-1,2 \text{ г/см}^3$ $T=25-30 \text{ с}$ $V=25-35 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$	
2. Покращений	Нормальний глинистий розчин + 10–20% рідкого ВЛР (ТЛР) чи 2–5% ПВЛР	$\rho=1,06-1,1 \text{ г/см}^3$ $T=19-23 \text{ с}$ $V=12-15 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $\rho=1,09-1,18 \text{ г/см}^3$ $T=20-25 \text{ с}$ $V=15-25 \text{ см}^3$	У слабостійких і відносно стійких породах, у породах, що слабо диспергуються при загальній мінералізації до 3 % NaCl
3. Інгібіторний	Нормальний глинистий розчин + 1–2% інгібітору (CaCl_2) + 0,1–0,2% регулятора лужності (Ca(OH)_2) + 5–10% стабілізатора КССБ чи 5–8% ФХЛС	$\rho=1,12-1,2 \text{ г/см}^3$ $T=20-25 \text{ с}$ $V=8-10 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $\text{pH}=7-10$	У слабостійких породах і таких, що диспергуються: глинах, глинистих сланцях, що набухають, аргілітах, гіпсоангідритах при загальній мінералізації до 5 кг/м ³ і вибійних температурах не вище 100 °С. При розбурюванні цементних стаканів і мостів
4. Емульсійні глинисті розчини (емульсії I роду)	Нормальний глинистий розчин + 1) 2–12% нафти + 0,5–1% ПАР-емульгатора 2) 3–4% СМАД-1 + 0,5–1% ПАР-емульгатора	$\rho=1,1-1,15 \text{ г/см}^3$ $T=20-25 \text{ с}$ $V=4-6 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$	У потужних товщах нестійких глинистих та глинисто-карбонатних порід, схильних до утворення сальників
5. Малоглинисті розчини	Високоякісна глина 3–5, максимум 7%. Як структуроутворювачі та регулятори вмісту твердої фази використовуються високомолекулярні полімерні реагенти селективної дії 1) 0,5–1% ПАА; 2) 0,5–1% гідролізованого ПАА; 3) 0,5–1% М-14; 4) 0,1–0,5 біополімеру БП-1; 5) 2–4% модифікованого гуматного реагенту МГР	$\rho=1,02-1,05 \text{ г/см}^3$ $T=16-33 \text{ с}$ $V=3-12 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $\text{pH}=8-10$	При алмазному бурінні свердловин малого діаметра у відносно стійких монолітних і тріщинуватих породах. При наявності прошарків глин рекомендуються розчини на основі ГПАА
6. Обважені глинисті розчини	Нормальний глинистий розчин +		

1	2	3	4
	1) 25–70% баритового концентрату;	$\rho=1,7-2,2 \text{ г/см}^3$ $T=26-60 \text{ с}$ $V=5-6 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$	При бурінні в умовах високих пластових тисків, а також у нестійких породах, що обвалюються й осипаються, при звуженні стовбура свердловини
	2) 30–70% залізистих концентратів	$\rho=1,7-2 \text{ г/см}^3$ $T=25-60 \text{ с}$ $V=5-6 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$	Те саме
	3) 30–50% крейди, вапняку + 5–8% ВЛР; 2–4% оксилу; 2–3% ПФХЛ; 2–3% ФХЛС	$\rho=1,4-1,6 \text{ г/см}^3$ $T=22-45 \text{ с}$ $V=6-8 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=7-8$	Те саме
Крейдові розчини	Вода + 15–40% молотої крейди + структуроутворювач (3–5% глини чи 0,5–3% рідкого скла) + знижувач водовіддачі (5–15% ВЛР чи 4–6% КССБ, чи 1–2% полімерів)	$\rho=1,1-1,25 \text{ г/см}^3$ $T=19-30 \text{ с}$ $V=10-12 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=7,5-8$	У відносно стійких породах з високою мінералізацією по NaCl, у крейдових відкладах. У продуктивних пластах для зменшення кольматації
Розчини на основі вибурених порід	Вода + 2–5% твердої фази, представленої породами, що перебувають, + 0,5–2% ПАР, що сприяють диспергації твердої фази + стабілізатори: 1–2% бентоніту, 0,2–0,5% полімерів, 0,5–2% рідкого скла	$\rho=1,02-1,05 \text{ г/см}^3$ $T=16-20 \text{ с}$ $V=25-30 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$ $pH=7,5-7,5$	У гірських породах, що не поглинають промивальну рідину, які рекомендують для буріння з промиванням нормальним глинистим розчином
Дисперсні системи на повітряній основі			
Піни	Стиснуте повітря + вода з домішками 0,2-2% ПАР при ступені аерації $V_{г}/V_{в}=50-300$	Не нормуються	У багаторічномерзлих та у породах, схильних до набухання в умовах малих (не більше $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$) водопритливів. Не рекомендується у вельми нестійких незцементованих породах
Аеровані рідини			
1. Аерована вода	Суміш води з повітрям	Відносно параметрів води знижена густина, підвищена в'язкість. Рідина відрізняється підвищеною несучою здатністю	У стійких і вельми стійких породах, при наявності зон поглинань, при розкритті слабопроникних водоносних горизонтів у міцних породах
2. Аеровані розчини	Суміш розчину з повітрям. Аерації можуть піддаватися будь-які розчини, окрім обважнених	Відносно параметрів вихідного розчину знижена густина, підвищена в'язкість знижена водовіддача. Рідина з підвищеною несучою здатністю	У породах, що рекомендують для вихідного розчину, при наявності зон поглинань, зашлямовуванні свердловини, при розкритті водоносних горизонтів, представлених нестійкими породами

Зменшення або відсутність водних оболонок викликає злипання частинок і наступне випадання їх з розчину. Це ж явище спостерігається при додаванні в розчин мінералізованої води, деяких хімічних реагентів (вапно, цемент) або при дії високої температури. Процес злипання глинистих частинок у більш великі агрегати називається коагуляцією, а випадання їх в осад – седиментацією.

Колоїдальні властивості яскраво виражені у розчинів, глинисті частинки яких мають високу дисперсність (переважний розмір частинок 0,0001 мм і менше), гідрофільність і містять невелику кількість солей.

Процес утворення якісного глинистого розчину описаний далі. Глинисті частинки мають плоску, лускату форму і, розпускаючись у воді, переміщуються за законом броунівського руху. Кожна частинка захищена гідратною оболонкою води й іонною хмарою, що обумовлює прояв електростатичних сил відштовхування. На краях частинок зазначені оболонки відсутні, а електростатичні сили ослаблені. Якщо контакт частинок здійсниться на торцевих поверхнях, відбудеться злипання частинок, а через якийсь час – утворення суцільної скелетної структури з глинистих частинок у всьому розчині. При цьому основна маса води зв'язана з глинистими частинками у вигляді гідратаційних оболонок і поміщена в елементах утвореної структури розчину. Описаний процес називається структуроутворенням.

Продукти руйнування порід, що знаходяться в такому розчині, виявляються у зваженому стані. Таким чином, міцність структури розчину при припиненні його циркуляції забезпечує чистоту вибою і захищає буровий снаряд від прихвату буровим шламом.

7.4. Методи вимірювання показників властивостей промивальних рідин

Якість промивальних рідин визначається такими параметрами: густиною, в'язкістю, водовіддачею, товщиною глинистої кірки, стабільністю, вмістом піску, статичною напругою зсуву, добовим відстоєм і водневим показником.

Густина розчину визначає величину гідростатичного тиску на вибій і стінки свердловини, а також його несучу здатність. Підвищення густини дозволяє запобігти обваленню стінок свердловини, самовиливам і викидам. Разом з тим підвищення густини розчину сприяє збільшенню його поглинання (фільтрації) через тріщини і пори порід, що розбурюють. Таким чином, для задовільного вирішення зазначених завдань густина розчину повинна знаходитися на мінімально припустимому рівні.

Цей параметр розчину визначають за допомогою ареометра АГ-3ПП, який входить в комплект АБР-1 (рис. 7.3, а). До складу комплекту АБР-1 входять металевий футляр у вигляді відерця 9 з кришкою 12, яка слугує пробовідбірником для розчину, а також власне ареометра АГ-3ПП. Ареометр складається з мірного стакана 5, денця 6, поплавця 7, стрижня 8 і знімного калібрувального вантажу 1. На стрижні 8 поплавця 7 є дві шкали 11: перша – при густині 0,9–1,7 г/см³, друга – при густині 1,6–2,4 г/см³. У верхній частині цього стрижня розташована пробка 10. Окрім того, в нижній частині стакана 5 розташована заглушка 2, усередині якої є компенсаційний вантаж 3 і баласт 4. Поплавець 7 пе-

рекривається денцем 6, яке забезпечує постійний об'єм розчину в мірному стакані 5. При вимірюванні стакан 5 повністю заповнюють вимірюваним розчином, надлишок якого стікає через бокові отвори у верхній частині мірного стакану 5, приєднується поплавець і ареометр у вертикальному положенні опускається у футляр-відро 9 з чистою прісною водою. Відлік густини беруть відповідно до рівня води в посудині, зазвичай, за лівою шкалою зі значеннями густини до $1,7 \text{ г/см}^3$. Якщо розчин обважнений і ареометр повністю тоне у воді, вантаж 1 знімають, опускають ареометр у воду без вантажу і відлік беруть за правою шкалою з більшими значеннями густини – до $2,4 \text{ г/см}^3$.

Перед застосуванням ареометра перевіряють точність його показань шляхом визначення густини прісної води, коли справний ареометр повинен показувати її густину $1,0 \text{ г/см}^3$. Допустима похибка вимірювань $\pm 0,01 \text{ г/см}^3$.

В'язкість характеризує силу опору, яка виникає між шарами розчину, що рухаються з різними швидкостями. Від цього параметра залежить здатність розчину виносити буровий шлам і закупорювати тріщини і пори в стінках свердловини.

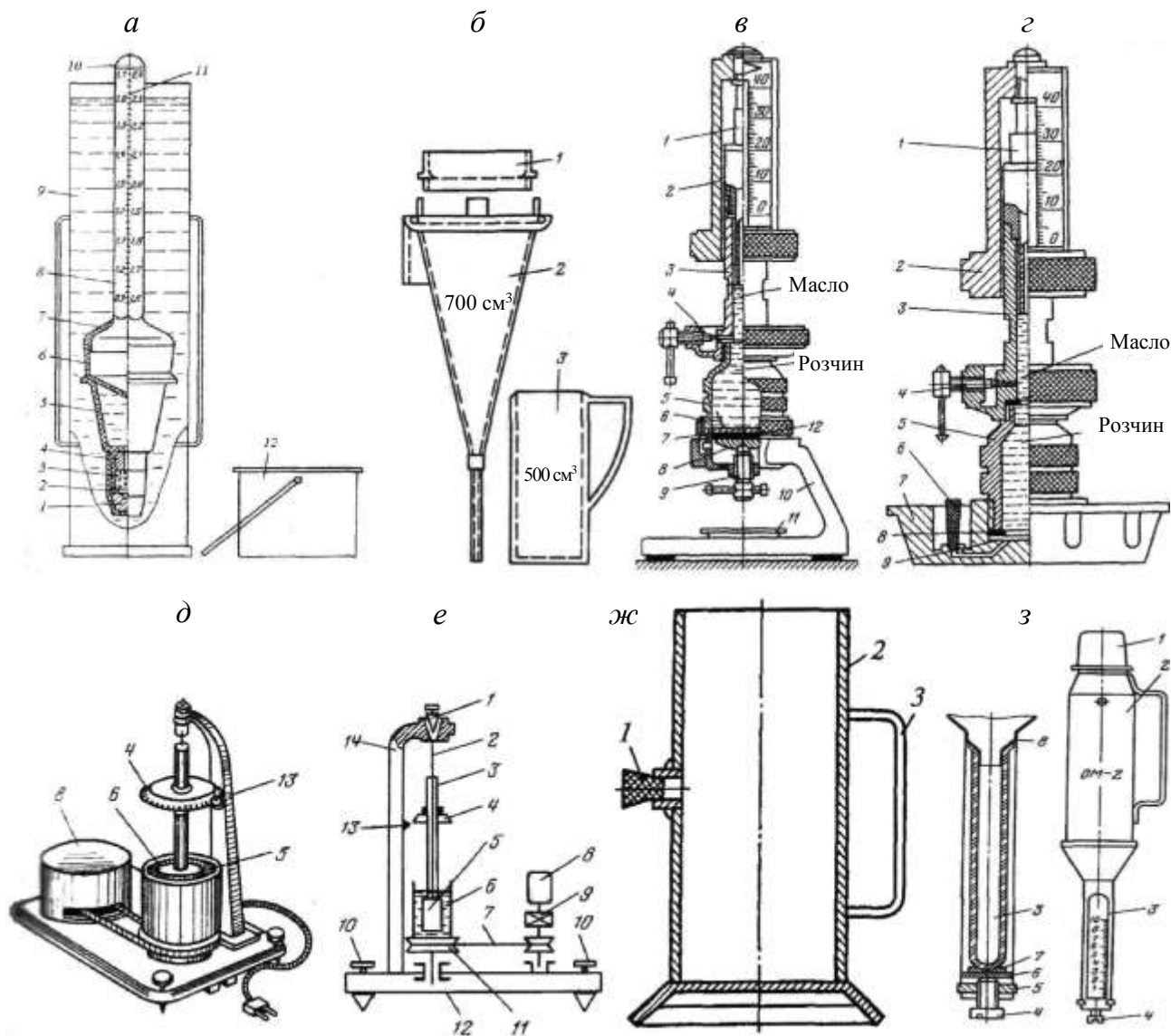


Рис. 7.3. Прилади для визначення параметрів промивальних рідин

На практиці визначається **умовна в'язкість** за допомогою комплекту ВБР-1 (рис. 7.3, б). Він складається з віскозиметра ВП-5 2, сітки 1 і мірного кухля 3. Для вимірювання умовної в'язкості закривають нижній отвір трубки пальцем і через сітку заливають розчин (700 см^3) до краю лійки. Підставляють мірний кухоль об'ємом 500 см^3 , включають секундомір і одночасно відкривають нижній отвір. Після заповнення кухля розчином секундомір зупиняють і фіксують час витікання. Час заповнення розчином зазначеного об'єму характеризує умовну в'язкість розчину. Для нормальних розчинів цей параметр складає 18–22 с. При справному віскозиметрі умовна в'язкість води дорівнює 15 с.

Водовіддача і товщина глинистої кірки характеризують здатність глинистого розчину відфільтровувати воду під дією надлишкового тиску. При низькій водовіддачі глинистий розчин на стінках свердловини утворює щільну кірку товщиною 1–2 мм. У результаті закріплюються стінки свердловини в нестійких породах і зменшується поглинання промивальної рідини. При великій водовіддачі на стінках відкладається пухка товста кірка. Це може призвести до прилипання, прихватів і затягувань бурового снаряда в зваженому стані. Таким чином, міцність структури розчину при припиненні його циркуляції забезпечує чистоту вибою і захищає буровий снаряд від прихвату буровим шламом.

Водовіддача і товщина глинистої кірки вимірюються приладом ВМ-6, який має дві модифікації: з кронштейном і без кронштейна. Прилад ВМ-6 із кронштейном (рис. 7.3, в) складається з фільтраційної склянки 5, яка має розбірне дно, що являє собою ґрати 6 з клапаном 8 і гумовою прокладкою 12; піддона 7 з гвинтом 9; напірного циліндра 3 зі спускною голкою 4; плунжера 1 із втулкою і вантажем-шкалою 2. Для виміру водовіддачі ґрати зі змоченим фільтрувальним папером вставляють у нижню частину фільтраційної склянки папером усередину. На ґрати накладають гумову прокладку з клапаном і нагвинчують піддон з гвинтом. Фільтраційну склянку вставляють у кронштейн 10 і заповнюють глинистим розчином. В кронштейні передбачене місце для чашки 11. На склянку нагвинчується напірний циліндр із закритою спускною голкою.

У циліндр наливають машинне мастило і вставляють плунжер. Відкривши спускную голку і випустивши надлишок мастила, підводять нульовий розподіл на шкалі до відлікової риски на втулці циліндра. Одночасно закривають спускную голку, відкривають клапан з гумовою прокладкою і включають секундомір. Через 30 хв роблять відлік за шкалою. Водовіддача вимірюється об'ємом ($у \text{ см}^3$) відфільтрованої за цей час води. Розібравши прилад, лінійкою вимірюють товщину глинистої кірки, що утворилася на фільтрувальному папері. Водовіддача нормальних глинистих розчинів складає $10\text{--}25 \text{ см}^3$ за 30 хв, товщина глинистої кірки 1–2 мм.

Модифікація приладу ВМ-6 без кронштейна (рис. 7.3, з) відрізняється тільки будовою нижньої частини. Піддон 7, нагвинчений на фільтраційний стакан 5, слугує опорою приладу та посудиною для фільтрату. У піддоні розміщено пробку 6, гумову прокладку 8 і фільтраційний папір 9.

Статична напруга зсуву характеризується найменшим зусиллям, яке треба прикласти до тіла, що знаходиться в буровому розчині і має площу поверхні 1 см^2 , щоб вивести його зі стану спокою. Цей параметр залежить від часу перебування розчину в спокійному стані та характеризує міцність його структури.

Статичну напругу зсуву визначають на приладі СНС-2 (рис. 7.3, *д* – зовнішній вигляд; *е* – схема). На пружній сталевій нитці 2, закріпленій у конічній крутильній головці 1, підвішується циліндр 5. Для запобігання ковзанню досліджуваного розчину поверхня циліндра зроблена рифленою. Сталева нитка захищена металевією трубкою 3, з'єднаною з циліндром. На трубці закріпленій лімба 4 з поділками від 0 до 360°. Уся система підвішена на стійці 14, яка спирається на плиту-основу 12 з регулювальними гвинтами 10. Циліндр 5 занурюється в стакан 6, установлений на столику-шківу 11. На стійці закріпленій кронштейн із покажчиком 13. Привід стакана здійснюється від електродвигуна 8 через редуктор 9 і гнучку передачу 7 (безкінечна спіральна пружина) з частотою 0,2 об/хв.

Розчин заливають у стакан 6 і занурюють в нього циліндр 5. Через 1 хв вмикають мотор і спостерігають за обертанням циліндра, який захоплюється глинистим розчином. Циліндр обертається доти, доки зусилля в закрученій нитці не почне дорівнювати зусиллю зчеплення розчину із стінками циліндра. В цей момент структура розчину руйнується і відбувається зсув його біля стінок циліндра. Обертання циліндра припиняється. Відлік за шкалою характеризує кут закручування нитки. Друге вимірювання здійснюють аналогічно через 10 хв. Статичну напругу зсуву, яка вимірюється у Па, визначають множенням константи нитки на кут закручування. Статична напруга зсуву для нормальних глинистих розчинів складає $\theta_1 = 1,5-2,0$ Па, $\theta_{10} = 2,5-4,0$ Па.

Стабільність визначається за допомогою приладу ЦС-2, у середині бічної поверхні якого є отвір з пробкою 2, з урахуванням різниці густин бурового розчину у верхній і нижній частинах циліндра 1 (рис. 7.3, *ж*). Циліндрові дають спокій на 24 год, для чого прилад підвішують на ручці 3 з отвором. Після цього знаходять густини верхнього і нижнього шарів та їхню різницю. Стабільність характеризує забруднення розчину і не повинна перевищувати 0,02 г/см³.

Вміст піску (недиспергованих частинок твердої фази) визначають за допомогою відстійника ОМ-2 (рис. 7.3, *з*). Він являє собою циліндричну посудину 2, яка закінчується внизу трубкою з повздовжніми прорізами. У середині трубки розміщена проградуйована скляна бюретка (пробірка) 3. Бюретка прикріплена гвинтом 4 через поперечку 5 і шайбу 6 до гумової прокладки 7. Герметичність кріплення бюретки у верхній частині забезпечує гумове ущільнення 8. В циліндрі на рівні об'єму 500 см³ знаходиться отвір. Зверху відстійник закривають кришкою 1 об'ємом 50 см³. Для вимірювань у прилад спочатку заливають 500 см³ води, потім за допомогою кришки відливають 50 см³ води і заливають стільки ж розчину. Після збовтування суміші відстійник встановлюють у вертикальне положення на 1–2 хв. Потім за шкалою на мензурці визначають кількість осаду. Помноживши отриманий результат на 2, знаходять вміст піску (%). Вміст піску в промивальній рідині не повинен перевищувати 4 %.

Добовий відстій визначається об'ємом чистої води, що відділилася з налитого в посудину (мензурку) 100 см³ розчину, який знаходився в спокійному стані протягом 24 год. Цей параметр характеризує колоїдальність розчину, що в якісних розчинів складає 96–98 % (добовий відстій відповідно 4–2 %).

Водневий показник рН характеризує концентрацію іонів водню в розчині. При рН = 7 розчин нейтральний, при рН < 7 – кислий, при рН > 7 – лужний. Розчин з гарними тиксотропними властивостями має рН = 8–10.

7.5. Регулювання властивостей промивальних рідин

Геолого-технічні умови проходки свердловин викликають необхідність регулювати властивості розчинів з метою забезпечення високої продуктивності і швидкої ліквідації ускладнень. Для цього розчини обробляють **хімічними реагентами**. За характером дії останні поділяються на електроліти, захисні колоїди і поверхнево-активні речовини (ПАР).

Електроліти, діючи на розчин, змінюють у ньому концентрацію іонів, від якої залежить електричний заряд глинистих частинок і товщина іонних оболонок, що їх оточують. Це приводить до зміни структурних властивостей розчину. Нижче наведені деякі найбільш розповсюджені електроліти.

Кальцинована сода (Na_2CO_3) застосовується для зменшення водовіддачі і товщини глинистої кірки, підвищення в'язкості й статичної напруги зсуву глинистого розчину. Кількість реагенту, що додається в розчин, зазвичай складає 5–10 кг на 1 м³. Кальцинована сода знижує жорсткість води і захищає розчин від шкідливого впливу іонів кальцію. При концентрації реагенту понад 3,5 % зменшуються в'язкість і статична напруга зсуву, збільшуються водовіддача розчину і товщина глинистої кірки. Глинистий розчин, оброблений кальцинованою содою, застосовується для боротьби з поглинаннями й обвалами.

Каустична сода ($NaOH$) у дії аналогічна кальцинованій соді й застосовується також для готування вуглелужного і торфолужного реагентів.

Рідке скло (Na_2O ; SiO_2) підвищує густину розчину, його в'язкість і статичну напругу зсуву. Кількість реагенту, що додається, складає 20–50 кг на 1 м³ розчину. Застосовується для боротьби з поглинаннями.

Кухонна сіль ($NaCl$) підвищує статичну напругу зсуву і знижує температуру замерзання розчину. При збільшенні кількості солі, що додається, з 30 до 270 кг на 1 м³ розчину температура його замерзання знижується від –2 до –18 °С.

Тринарійфосфат (Na_3PO_4) знижує в'язкість і підвищує стабільність розчину, що загустів при розбурюванні глин. Реагент додають у кількості 0,5 кг на 1 м³ розчину.

Вапно (CaO) підвищує в'язкість, але збільшує водовіддачу і товщину глинистої кірки. Розчин, оброблений вапном, застосовується для боротьби з поглинаннями. Реагент у кількості 30–50 кг на 1 м³ розчину додають у вигляді вапняного молока (при співвідношенні вапна і води 1:3).

Захисні колоїди при додаванні в промивальну рідину створюють на поверхні глинистих частинок захисний шар, що запобігає їхнєму злипанню і коагуляцію. При обробці розчину реагентами цієї групи зменшується водовіддача, регулюється в'язкість, підвищується густина. Нижче наведені найбільш розповсюджені захисні колоїди.

Вуглелужний (ВЛР) і торфолужний (ТЛР) реагенти є натрієвими солями гумінових кислот. Реагенти одержують шляхом впливу каустичної соди на дроблені буре вугілля і торф. Для цього їх беруть у визначеному співвідношен-

ні. Зазвичай 120–200 кг вугілля або торфу і 10–30 кг NaOH додають у воду і перемішують. Через добу основна маса розчинних гумінових кислот переходить у розчин після реакції з каустичною содою. Оптимальна концентрація ВЛР і ТЛР у глинистому розчині складає 15–20 %.

Розчини, оброблені цими реагентами, мають підвищену стабільність і знижену водовіддачу, що пояснюється появою на глинистих частинках захисного шару, який складається з гумінових кислот. Глинистий розчин, оброблений ТЛР, має підвищену в'язкість і невелику густину, що дозволяє успішно застосовувати його для боротьби з поглинаннями.

Карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) застосовується для зниження водовіддачі й статичної напруги зсуву промивальної рідини з підвищеною мінералізацією. Цей реагент захищає глинистий розчин від дії солей, що коагулюють, натрію, кальцію та ін. Реагент додають у промивальну рідину у вигляді 8–10 %-вого водного розчину.

Сульфітно-спиртова барда (ССБ) – побічний продукт паперової промисловості, застосовується для зниження водовіддачі і регулювання в'язкості розчину. Розчин, оброблений ССБ, володіє гарними стабілізуючими властивостями. При проходці солевмістких порід і припливі пластових мінералізованих вод запобігається коагуляція розчину. Реагент застосовується у вигляді водного розчину, що містить 20–40 % ССБ і 3–6 % каустичної соди. ССБ є вихідним продуктом для одержання конденсованої сульфітно-спиртової барди (КССБ), що добре знижує водовіддачу розчинів, які містять хлористі натрій і кальцій. Оптимальна концентрація КССБ – 2–5 % у перерахуванні на суху речовину.

Поліфенол лісохімічний (ПФЛХ) – відходи сухої перегонки деревини, призначений для розрідження прісних розчинів. Він застосовується у вигляді водного розчину, що містить 5–10 % ПФЛХ і 1,5–3 % каустичної соди.

Гідролізований поліакрилонітрил (гіпан) підвищує термостійкість розчину і захищає його від впливу мінералізованих вод. Реагент викликає загуснення прісних розчинів і в цих умовах застосовується з розріджувачами. Його додають у кількості 0,5–2 кг на 1 м³ розчину.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) мають здатність адсорбуватися в промивальних рідинах на поверхнях розділення фаз у вигляді тонких шарів, знижуючи поверхневий натяг. При цьому підвищується змочувальна здатність, активно змінюється взаємодія між твердою і рідкою фазами розчину. Властивості промивальної рідини змінюються при введенні ПАР в невеликих кількостях (частки відсотка).

Для обробки промивальних рідин застосовуються неіоногенні (УФЕ-8, ОП-10), аніоноактивні (ОП-45, азолят), рідше катіоноактивні (аміни й інші азотні групи) ПАР. Для підвищення мастильних властивостей і термостійкості розчину використовуються всі види ПАР, для зниження твердості порід – ОП-10, УФЕ-8, для аерування розчинів – аніоноактивні ПАР.

Домішки ПАР зменшують абразивну дію промивальної рідини на буровий снаряд. Деякі види ПАР володіють піногасним ефектом, що поліпшує роботу насосів.

7.6. Спеціальні промивальні рідини

Спеціальні промивальні рідини застосовуються в умовах, що викликають різні ускладнення нормального процесу буріння. Поява численних видів цих рідин обумовлена тим, що поряд з позитивними якостями глинисті розчини мають істотні недоліки: зменшується механічна швидкість буріння; зростають витрати потужності на промивання й обертання бурового снаряда, знижується проникність водоносних пластів; у деяких випадках неможливо забезпечити стійкість стовбура свердловини і запобігти викидам і самовиливам зі свердловини. Найчастіше застосовуються наведені нижче види спеціальних промивальних рідин.

Сольові промивальні рідини, що є водними розчинами солей NaCl, KCl або CaCl₂, застосовуються при бурінні сольових відкладів, а також багаторічномерзлих порід, тому що мають знижену температуру замерзання. В останньому випадку у воду додають 4–15 % KCl або NaCl. При цьому температура замерзання розчину знижується до –20 °С.

Вапняні і крейдові розчини мають високу стійкість до пластових вод, зменшують диспергування глинистих частинок, що утримуються в шарі, утворюють тонку кірку, що видаляється при соляно-кислотній обробці. Склад розчинів цієї групи різноманітний. Як приклад можна навести розчин, що складається з помеленої крейди (5–30 %), ВЛР (8–10 %), КМЦ (0,6–1 %) і води. Густина його до 1,2 г/см³, в'язкість 45–80 с, водовіддача 1,5–3 см³ за 30 хв, товщина кірки 0,3 мм. Промивальні рідини на основі вибурених порід являють собою природні розчини, що утворюються при бурінні. Їх використовують при відсутності глинистої сировини. Для стабілізації властивостей таких розчинів у них уводять поверхнево-активні речовини, ВЛР, ССБ, КМЦ та ін. Застосування природних розчинів дозволяє в ряді випадків знизити вартість промивання свердловин.

Обважнені глинисті розчини мають підвищену густина (до 2,2 г/см³) і застосовуються при бурінні нестійких порід, а також для створення необхідного протитиску при розкритті високонапірних пластів. Підвищення густини розчину досягається додаванням у нього матеріалів-обважнювачів, що характеризуються щільністю, малою абразивністю, тонкістю помелу, вмістом хімічно активних речовин.

Як обважнювачі використовують барит (BaO₄), гематит (Fe₂O₃), магнетит (FeO-Fe₂O₃). Найчастіше вживається барит, що має невисоку твердість, малу абразивність і досить високу щільність (4,2–4,6 г/см³). При невеликому обважненні розчину (до 1,6 г/см³) у нього додають мергель, крейду, вапняк. Обважнювач зазвичай додають у розчин, попередньо оброблений хімічними реагентами.

Витрата обважнювача q на 1 м³ вихідного розчину визначається за формулою

$$q = \frac{\rho_o (\rho_{op} - \rho_{вр})}{(\rho_o - \rho_{op})}, \text{ кг}, \quad (7.1)$$

де ρ_o , ρ_{op} , $\rho_{вр}$ – густина відповідно обважнювача, обважненого і вихідного розчинів, кг/м³.

Виникаюче при обважненні підвищення в'язкості і статичної напруги зсуву розчину можна знизити додаванням хімічних реагентів, наприклад, ПФЛХ або хромлігносульфонатів.

Водогіпанові та глиноводогіпанові розчини – промивальні рідини на полімерній основі. Як полімер найчастіше використовується гіпан, що додається у воду в кількості 2–5 %, перемішуваний протягом 8–10 хв. Водогіпанові розчини мають велику в'язкість, високу несучу здатність і знижені фільтраційні властивості. Ці розчини утворюють на стінках свердловини еластичну плівку, що знижує фільтрацію рідини в пласт та зберігає його проникність. Тому водогіпанові розчини застосовуються при розкритті водоносних горизонтів. Кірка видаляється при промиванні свердловини водою або при прокачуванні.

Витрата водогіпанових розчинів при розкритті пласта в 2–3 рази менша порівняно з витратою води в аналогічних умовах, а виносна здатність в 3–10 разів вища. Концентрація гіпана в розчині та в'язкість останнього залежать від коефіцієнта фільтрації і напору водоносного розкритого горизонту й складає 2–6 %. При розкритті водоносних горизонтів, що мають коефіцієнт фільтрації до 35–40 м/добу, великий ефект дають глиноводогіпанові розчини. Їх готують шляхом додавання 10 %-вого розчину гіпана в глинистий розчин, що має густину 1,05–1,08 кг/см³, в'язкість 25–40 с, водовіддачу 15–18 см³/30 хв. При цьому водовіддача знижується до 5 см³/30 хв і різко підвищується в'язкість розчину. Глиниста кірка, утворена на стінках свердловини при застосуванні такого розчину, розмивається при промиванні чистою водою протягом декількох хвилин.

Малоглинисті розчини широко розповсюджені, мають такий склад: 4–8 % глини, 1–2 % КМЦ для стабілізації і 1 м³ води. При розкритті слабонапірних пластів, що мають велику поглинальну здатність, ці розчини аеруються шляхом уведення 0,1–0,2 % ПАР. Застосування аерованих розчинів дозволяє різко скоротити їхню витрату при розкритті поглинальних горизонтів.

Полімерні та саморозпадні розчини готують на основі модифікованого крохмалю і карбоксиметілцелюлози з домішкою бентоніту і без нього. Кірка, що утвориться на стінках свердловини, розпадається мимовільно (через 3–4 доби) або при введенні у вихідну рідину домішок (амілосубтилін, ГЕФ-1, поліфосфати тощо). Застосування саморозпадних розчинів дає великий ефект при розкритті водоносних пластів, в яких відбувається катастрофічне поглинання промивальної рідини. Недолік саморозпадних розчинів – їхня висока вартість.

Емульсійні промивальні рідини являють собою дисперсні системи, що складаються з двох або декількох рідких фаз, причому одна знаходиться в іншій у вигляді ізольованих крапель – глобул. Для одержання стійких емульсій у них додають речовину, названу емульгатором, який утворюється додаванням у воду різних емульсолів, наприклад, лісохімічного, омилених сумішей гудронів та ін. Концентрація емульсолів складає 1–2 %. Емульсійні промивальні рідини, зазвичай, складаються з води та емульгатора, що є поверхнево-активною речовиною. Емульсійні рідини застосовують для зменшення витрат потужності на обертання бурового снаряда, зниження його вібрацій і підвищення стійкості породоруйнівного інструменту.

Аеровані (насичені повітрям) розчини і піни застосовують для боротьби з поглинаннями і розкриття слабонапірних водоносних пластів. Це пов'язано з тим, що завдяки невеликій густині (0,7–0,8 т/м³) вони мають знижену водовіддачу. У той же час аеровані рідини мають підвищену несучу й очисну здатність. Аерація рідин здійснюється механічним (за допомогою компресорів або спеціальних аераторів) і хімічним способами (при використанні ПАР). Досить широко застосовується малоглинистий розчин, що містить 4–8 % глини, 1–2 % КМЦ, 0,1–0,2 % ПАР і 1 м³ води.

Інгібіторні промивальні рідини утворюються при додаванні в них речовин, що містять іони кальцію (наприклад, CaCl₂). Для стабілізації розчину застосовуються спеціальні хімічні реагенти. Інгібіторні рідини мають велику стійкість, застосовуються для запобігання обвалення стінок і звуження стовбура свердловин при бурінні в диспергуючих сланцях, аргілітах і глинах, що набухають.

Розчини на нафтовій основі, рідка фаза яких представлена нафтою або дизельним паливом, застосовуються для розкриття нафтових пластів, а також для ліквідації ускладнень і аварій у свердловинах.

7.7. Приготування промивальних рідин

Визначення кількості матеріалів для приготування глинистого розчину для буріння свердловини здійснюється за методикою, що наведена нижче.

Об'єм глинистого розчину V для буріння свердловини знайдемо з виразу

$$V = V_c + V_p + V_b, \text{ м}^3, \quad (7.2)$$

де V_c – об'єм свердловини, м; V_p – об'єм резервуара (відстійників і жолобної системи) для зберігання глинистого розчину, $V_p = 2\text{--}5 \text{ м}^3$; V_b – втрати глинистого розчину в свердловині через тріщинуватість порід, $V_b = (2\text{--}5) \cdot V_c$ і більше.

$$V_c = \frac{\pi}{4} (D_1^2 H_1 + D_2^2 H_2 + \dots + D_n^2 H_n), \text{ м}^3, \quad (7.3)$$

де D_1, D_2, D_n – діаметри відповідно 1, 2 ... n-ї ділянок свердловини, м;
 H_1, H_2, H_n – довжини відповідно 1, 2 ... n-ї ділянок свердловини, м.

Кількість глини і води для приготування розчину визначимо як

$$Q = q_1 V, \text{ кг}, \quad (7.4)$$

де q_1 – вагова кількість компонентів, потрібна для приготування 1 м³ розчину, кг.

Вага глини для приготування 1 м³ розчину

$$q_{г1} = \frac{\rho_r (\rho_p - \rho_b)}{\rho_r - \rho_b}, \text{ кг}, \quad (7.5)$$

де ρ_p, ρ_b – густина відповідно глинистого розчину і води, кг/м³; ρ_r – щільність глини, кг/м³, $\rho_r = 2500 \text{ кг/м}^3$.

Вага води для приготування 1 м³ розчину

$$q_{в1} = \frac{\rho_b (\rho_r - \rho_{гр})}{\rho_r - \rho_b}, \text{ кг}, \quad (7.6)$$

Кількість глини для приготування одиниці об'єму глинистого розчину, що має певну в'язкість, залежить від ступеня колоїдальності глини.

Промивальні рідини готують безпосередньо на буровій або на спеціальних глиностанціях. В останньому випадку розчин доставляють на бурові трубопроводами або автоцистернами. Глинистий розчин найчастіше готують механічним способом за допомогою спеціальних глиномішалок.

Механічна *лопатева глиномішалка* (рис. 7.4) являє собою циліндричний або овальний корпус 5, усередині якого за допомогою шківів 1 і редуктора 2 обертаються один або два вали 3, обладнані лопатями 7 для перемішування глини і води. У верхній частині корпусу є люк 4, закритий ґратами, для завантаження глини і води. У нижній – патрубок 6 для зливу готового розчину. Місткість глиномішалок марок ГМЕ-0,75, ГКЛ-2М, МТ-24Х та інших складає 0,7–4 м³.

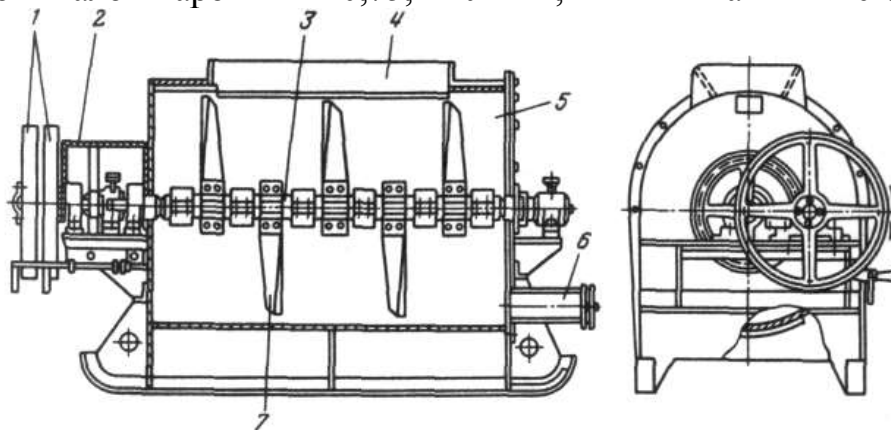


Рис. 7.4. Механічна глиномішалка

Механічні лопатеві глиномішалки належать до машин періодичної дії. Вони відрізняються простотою конструкції, але мають недоліки: невелика продуктивність, часте заклинювання і поломка лопатей при потраплянні з глиною твердих включень великого розміру. Перелічені недоліки значною мірою усунуті в іншому різновиді механічних глиномішалок – *фрезерно-струминних млинах (ФСМ)*.

Фрезерно-струминні млини використовуються для безперервного готування глинистих розчинів з грудкуватих глин і глинопорошків. Основним вузлом їх є лопатевий ротор, що обертається в корпусі, який має приймальний бункер для завантаження глини і перфоровану трубу для подачі води. Усередині корпусу розміщений пристрій для видалення твердих включень, що потрапили з глиною. Лопаті ротора, швидко обертаючись, захоплюють глину і воду. Первинне подрібнювання глини відбувається при її переміщенні у вузькому зазорі між рифленою диспергуючою плитою і ротором. Більш тонке подрібнювання здійснюється струменями, що відкидаються лопатями ротора, тобто за рахунок їхніх ударів об вихідні ґрати, а також при проходженні розчину крізь отвори останньої. Готовий розчин стікає по зовнішній поверхні ґрат і через лоток відводиться вбік. Частинки, що не встигли подрібнитися в млині, унаслідок циркуляції розчину знову попадають під лопаті розчину.

Продуктивність фрезерно-струминних млинів – 10–12 м³/год розчину для грудкуватих глин і 25–30 м³/год для глинопорошків.

Гідромішалки застосовують для готування великих об'ємів розчину гідравлічним способом. Вони розділяються на два типи: гідромоніторні та ежекторні. У гідромішалках першого типу розчин готується шляхом розмиву глини

струменем води, що впливає з монітора під тиском 4–10 МПа. Продуктивність гідромоніторних мішалок – 40–120 м³/год готового розчину.

При роботі гідромішалок другого типу використовується принцип ежекції, що полягає в ефекті зниження тиску навколо струменя рідини, що витікає з великою швидкістю з насадки. У результаті в зону розрідження засмоктується глинопорошок. Утворена пульпа надходить у бак і вдаряється об спеціальний башмак, що сприяє інтенсивному перемішуванню глини з водою. Ежекторні гідромішалки забезпечують високу продуктивність (до 90–100 м³/год). Недоліки гідромішалок цього типу – необхідність використання як вихідний матеріал тільки глинопорошку і досить низька якість розчину.

Розглянемо технологію приготування глинистих розчинів у лопатевих глиномішалках. Спочатку розраховують кількість глини P_r , яку необхідно завантажити в глиномішалку для одержання розчину заданої густини. Глиномішалку на третину робочого об'єму заповнюють водою і завантажують необхідною кількістю глини. Вал глиномішалки повертають при періодичному включенні приводу. Потім заповнюють водою весь об'єм, що залишився, люк закривають кришкою і включають привід.

Час готування розчину залежить від якості глини і коливається від 40 хв до 2 год. Для визначення оптимального часу рекомендується відбирати проби розчину і визначати його основні властивості. Перша проба відбирається через 30 хв, наступні – з інтервалом 15 хв. Якщо розчин необхідно обробити хімічними реагентами, то їх вводять у глиномішалку перед завантаженням глини.

Аеровані промивальні рідини готують такими способами: компресорним, безкомпресорним з використанням ПАР і пристроїв ежекторного типу, комбінованим. Компресорний спосіб аерації полягає у введенні через спеціальні пристрої в нагнітальну лінію насоса стиснутого повітря. Недолік цього способу: його застосування обмежується глибиною свердловини, на якій утрати напору при циркуляції розчину не перевищують тиску повітря, що нагнітається.

При використанні безкомпресорного способу розчин аерується за рахунок захоплення повітря обертовими лопатями глиномішалки або струменя розчину, що скидається через відвідний шланг. При цьому в розчин попередньо вводять піноутворювач (ПАР). Комбінований спосіб аерації розчину є різновидом компресорного і полягає у використанні змішувачів ежекторного типу.

Основна особливість готування полімерних розчинів складається з попереднього розчинення полімерів у гарячій воді і наступного додавання отриманого розчину в промивальну рідину, що виходить зі свердловини.

Для готування емульсійних розчинів завчасно приготовлена суміш (вихідна промивальна рідина та емульгатор) додатково перемішується в ультразвуковому генераторі за рахунок ударів об мембрани. У результаті виникаючих завихрень рідини виходить якісний однорідний емульсійний розчин.

Промивальні рідини варто готувати відповідно до правил техніки безпеки. Механізми і баки для готування і збереження промивальних рідин повинні бути обгороджені. Забороняється проштовхувати глину через ґрати люка ломами, брати пробу розчину через люк глиномішалки. З хімічними реагентами, особливо з лугами і кислотами, варто працювати тільки в спецодязі, що включає гу-

мові фартух, чоботи і рукавички, респіратор, окуляри. При потраплянні луґу на шкіру або одяг треба промити це місце 10 %-вим розчином оцтової кислоти, а при потраплянні кислоти – 10 %-вим розчином двовуглекислої (чайної) соди.

Працівники, зайняті готуванням промивальної рідини, повинні пройти вступний інструктаж з техніки безпеки, інструктаж на робочому місці, а також у встановлений термін повторні інструктажі.

7.8. Очищення промивальних рідин від шламу

Промивальна рідина, що витікає зі свердловини, збагачена частинками вибурених порід. Використання забруднених розчинів викликає сальнікоутворення і прихват (заклинювання) снаряда, призводить до утворення товстої пухкої кірки на стінках свердловини (що може викликати їхній обвал), до передчасного зношування бурильних труб і бурового насоса. Тому необхідно очищати промивальні рідини від шламу. Існують такі методи очищення: фізико-хімічні, механічні, природні, гідравлічні та комбіновані.

Фізико-хімічні методи базуються на введенні в розчин флокулянтів (речовини, що викликають злипання частинок розбурених порід у пластівці), коагуляторів (галогенні з'єднання Al, Fe, Na, Ca) і розріджувачів. У результаті додавання цих речовин відбувається флокуляція і коагуляція частинок з розчину. Розчин розбавляють водою або очищеним розчином, що має низькі параметри.

Механічний спосіб очищення за допомогою вібрації полягає в направленні розчину на сито, яке приводять у високочастотні коливання вібратором. У результаті структура розчину руйнується, різко знижується його утримуюча здатність і великі частинки випадають з розчину.

Природні методи очищення засновані на руйнуванні структури розчину при його русі в циркуляційній системі й осадженні частинок вибурених порід під дією сили ваги. Циркуляційна система складається з жолобів, відстійника і приймального зумпфа. Розміри циркуляційної системи залежать від глибини і діаметра свердловини, а також від типу бурової установки (стаціонарна або самохідна). Жолоби виготовляють з дерев'яних дошок або листової сталі площею перерізу 300×250 мм², загальною довжиною 5–35 м.

Жолоби обладнують через 1–2 м перегородками, що чергуються за розташуванням: попередня перегородка трохи не доходить до дна жолоба, а наступна – розташована трохи нижче верхнього його краю. Така конструкція жолобів дозволяє змінювати напрямок потоку розчину і сприяє руйнуванню його структури. Найбільш великі частинки випадають з розчину в жолобах, а остаточне очищення відбувається при попаданні розчину у відстійник. Останній з'єднаний у верхній частині жолобом з приймальним зумпфом, куди надходить верхній найбільш чистий шар розчину.

Очищення жолобів від шламу, що випав, більш ефективно при припиненні циркуляції промивальної рідини. Періодично очищають і відстійники. З метою охорони праці відстійники і приймальні зумпфи повинні бути обгороджені, а жолоби – закриті щитами або дошками.

Однак застосування циркуляційної системи не дає належного ефекту при очищенні промивальної рідини високих тискотропних властивостей.

Гідравлічні методи очищення засновані на використанні відцентрових сил, що виникають у гідроциклонах і центрифугах при прокачуванні через них забрудненої рідини. Гідроциклон являє собою корпус, що складається з циліндричної частини, яка переходить у конусну. До циліндричної частини тангенціально приварений патрубок, через який уводиться забруднений розчин. У середині гідроциклона рідина набуває вихрового руху. Великі частинки породи під дією виникаючих відцентрових сил відкидаються до стінок гідроциклона і сповзають у конічну частину корпусу, що закінчується випускним каналом з пісковою насадкою. Через останню скидаються частинки порід, що надходять, з частиною рідини. Очищений розчин внутрішнім спіральним потоком піднімається нагору і залишає гідроциклон через вивідний патрубок. Утрати розчину при очищенні складають 1–2 %, забруднення розчину зменшується в 10–15 разів.

У практиці розвідувального буріння застосовуються гідроциклонні установки ОГХ-8А та ОГХ-8Б, що складаються з електродвигуна, гвинтового насоса, системи трубопроводів і гідроциклона. Забруднений розчин з відстійника засмоктується насосом і подається через трубопровід у гідроциклон. Очищений розчин скидається в інший відстійник, а буровий шлам – у спеціальний зумпф.

Перевага гідроциклонного очищення – простота пристроїв, недоліки – вузький діапазон оптимальних режимів роботи і неможливість тонкого очищення розчину (частинки розміром менше 40 мкм не видаляються з розчину).

7.9. Продувка свердловин

У зонах інтенсивного або повного поглинання рідини, у сухих свердловинах, що бурять у безводних районах, у багаторічній мерзлоті, у стійких породах, де відсутні водопритоки або вони незначні, у породах, що набухають при промиванні, очищення свердловин від шламів й охолодження інструменту краще робити продувкою свердловини стисненим повітрям.

Застосування продувки сприяє збільшенню швидкості буріння, тому що відсутній гідростатичний тиск на породу, що руйнується.

При бурінні з продувкою (рис. 7.5) стиснене повітря компресором 1 подається через ресивер 2, вологовіддільник 4 і колону бурильних труб 22 до вибою.

Великі частинки породи піднімаються в шламову трубу 23, а дрібні – через герметизуючий пристрій 21 на усті і викидну лінію 20 виносяться на поверхню. На кінці викидної лінії при недостатньому ущільненні устя доцільно установити вентилятор для відсмоктування шламів. Щоб частинки шламів не забруднювали атмосферу, використовують шламоочисник 26 циклонного типу.

При бурінні в зоні багаторічної мерзлоти з метою попередження відтавання стінок свердловини стиснене повітря перед подачею в свердловину прохолоджують. В умовах невеликих водопроявів перешкодою бурінню є утворення сальників у результаті злипання частинок шламів. У цьому випадку в повітряний потік рекомендується додавати піноутворювачі, що створюють захисні плівки на частинках шламів і перешкоджають їх злипанню.

Для забезпечення нормального виносу шламів швидкість висхідного потоку повітря повинна бути не менше 10–14 м/с при колонковому і до 25 м/с – при безкерновому бурінні.

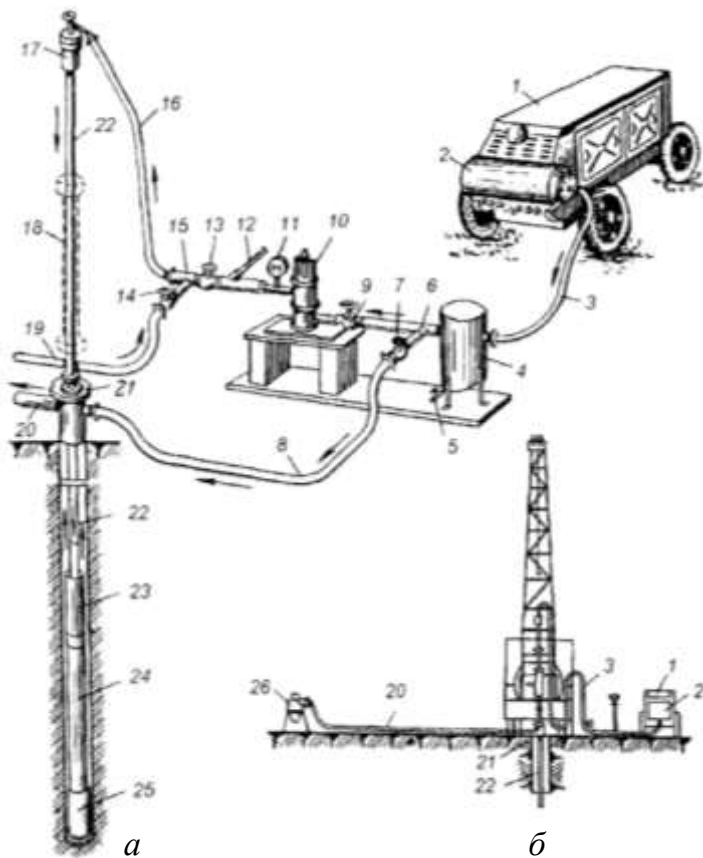


Рис. 7.5. Схема установки для буріння з очищенням свердловини повітрям:

а – стаціонарна; *б* – пересувна;
 1 – компресор; 2 – ресивер; 3 – шланг нагнітальний; 4 – вологовіддільник;
 5 – спускний кран; 6 – відвідний патрубок; 7, 9, 13, 14 – вентилі; 8 – відвідний шланг; 10 – повітромір; 11 – манометр;
 12 – термометр; 15 – трійник для підведення води; 16 – шланг нагнітальний;
 17 – сальник; 18 – шпindelь; 19 – нагнітальний шланг від насоса; 20 – викидна лінія для повітря зі шламом;
 21 – превентор; 22 – колона бурильних труб; 23 – шламова труба; 24 – колонкова труба; 25 – коронка; 26 – шламочисник циклонного типу

Висновок

У цьому розділі наведено способи видалення шламу при бурінні свердловин; розглянуті типи, властивості, методи вимірювання і способи регулювання властивостей промивальних рідин; висвітлено технологію приготування промивальних рідин; а також наведені основні особливості буріння свердловин з продувкою повітрям.

Контрольні питання

1. Способи видалення продуктів руйнування гірських порід при бурінні свердловин.
2. Характеристика механічних способів видалення продуктів руйнування.
3. Характеристика гідравлічних способів видалення продуктів руйнування при бурінні свердловин.
4. Характеристика пневматичного способу видалення продуктів руйнування.
5. Характеристика комбінованих способів видалення продуктів руйнування при бурінні.
6. Які функції повинні виконувати промивальні рідини?
7. Характеристика основних властивостей глинистих розчинів.
8. Прилади для виміру густини, в'язкості і водовіддачі промивальної рідини.
9. Як змінюються властивості розчинів при обробці каустичною содою, ВЛР, гіпаном, ПАР?
10. Види промивальних рідин, застосовуваних при розкритті водоносних пластів. Склад цих розчинів.
11. Як визначити кількість матеріалів для приготування глинистого розчину?
12. Устаткування для готування й очищення промивальних рідин.
13. Умови застосування продувки свердловин.
14. Устаткування, застосовуване при продувці свердловин стисненим повітрям.