

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БУРОВОГО РАСТВОРА С РАЗБУРИВАЕМЫМИ ПОРОДАМИ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО СОСТАВА

И.С. Аванесова, Г.Р. Балумян

Национальный политехнический университет Армении

Повышение эффективности и качества подготовки к освоению разведанных запасов полезных ископаемых невозможно без дальнейшего совершенствования техники и технологии бурения скважин.

Большинство месторождений Республики Армения: медно-колчеданные (Алаверди, Шамлуг, Капан и т.д.), медно-молибденовые (Каджаран, Агарак, Техут и т.д.), золоторудные (Сотк, Меградзор, Тухманук и т.д.), золотополиметаллические (Шаумян, Азатек, Арманис и др.), характеризуются сложными геологическими и горно-техническими условиями, обусловленными, в основном, образованием слагающих их пород. При бурении скважин в интенсивно раздробленных, трещиноватых и в разной степени гидротермально измененных породах возникают различные осложнения.

Многообразие горно-технических условий бурения скважин, развитие техники и технологии бурения, химии и химических производств, повышение требований к экономике буровых работ и охране окружающей среды – все это ведет к совершенствованию качества буровых растворов. В процессе бурения буровой раствор тесно контактирует с разбуриваемыми породами, что приводит к существенным изменениям его основных технологических параметров. Поэтому, если раствор можно не заменять, его свойства принято регулировать в процессе бурения на подходе к соответствующему геологическому интервалу.

Для обеспечения высоких технико-экономических показателей бурения скважин в вышеуказанных условиях проводят выбор специальных многокомпонентных буровых растворов и регулирование их технологических параметров (плотность, вязкость, водоотдача, толщина фильтрационной корки и т.д.).

В качестве основного метода регулирования параметров бурового раствора был предложен физико-химический метод как наиболее эффективный, позволяющий расширять пределы изменения регулируемого параметра, сохраняя другие свойства бурового раствора и повышая при этом стабильность дисперсной системы в целом.

Ключевые слова: буровой раствор, горные породы, технологические параметры, физико-химический метод, генетический состав пород.

Введение. В процессе бурения буровой раствор (БР) тесно взаимодействует с разбуриваемыми породами. В нем происходят внутренние процессы, связанные с ослаблением электрических зарядов и ухудшением

составляющих компонентов. Все это приводит к ухудшению технологических свойств БР, и он теряет способность выполнять необходимые функции. Поэтому в процессе бурения необходимо восстанавливать и поддерживать его основные свойства [1]. Параметры дисперсной системы должны быть доведены до нужных значений, что достигается путем добавок активно действующих веществ.

Нередко чередование пород в геологическом разрезе вызывает необходимость изменения некоторых функций БР. Поэтому, если раствор можно не заменять, его свойства принято регулировать в процессе бурения на подходе к соответствующему интервалу.

Таким образом, необходимость регулирования свойств бурового раствора возникает в следующих случаях: 1) при приготовлении БР – для получения необходимого раствора с заданными свойствами; 2) в процессе бурения – для поддержания требуемых функций; 3) в процессе бурения – для изменения параметров раствора применительно к изменяющимся геологическим условиям [2].

Постановка задачи и методы исследования. Свойства БР регулируют разными способами: химической обработкой (путем введения специальных веществ - реагентов); физическими методами (разбавление, концентрирование, утяжеление, введение наполнителей); физико-химическими методами (комбинация перечисленных методов). При бурении скважин в условиях значительной осложненности применение необработанных буровых растворов часто не приводит к желаемым результатам, поэтому некоторые параметры растворов приходится изменять применительно к конкретным условиям бурения. Это позволяет получить качественные растворы, пригодные для бурения в сложных геолого-технических условиях.

Пригодность бурового раствора для конкретных условий бурения определяется рядом технологических параметров, требующих измерения как при его приготовлении, так и в процессе бурения. К таким основным параметрам БР относятся: плотность (ρ), вязкость (T), водоотдача (B) и толщина фильтрационной корки (K) [3].

Для оценки ожидаемых свойств БР при увеличении содержания дисперсной (твердой) фазы необходимо экспериментально получить зависимости, приведенные на рисунке, и, исходя из конкретных условий, выбрать ту или иную концентрацию.

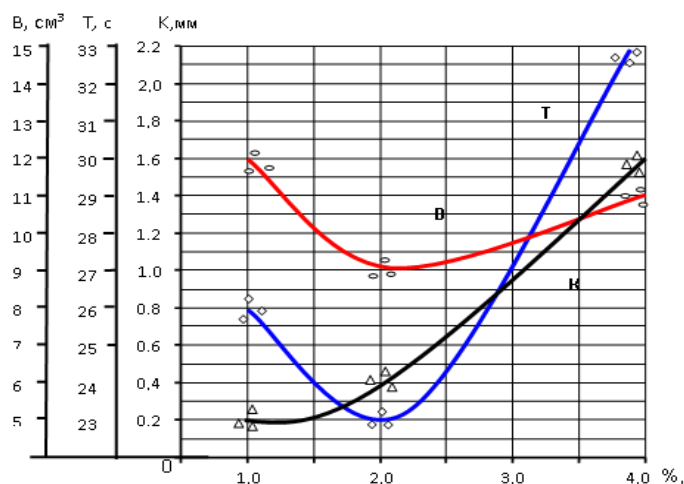


Рис. Зависимость свойств бурового раствора от содержания твердой фазы

В качестве основного метода регулирования параметров БР был принят физико-химический метод.

Физико-химические методы регулирования свойств БР применяются чаще в комбинации с химической обработкой. Для повышения эффективности и снижения энергоемкости процесса в дисперсную систему могут вводиться поверхностно-активные вещества (ПАВ). Введение утяжелителей возможно при наличии определенных исходных свойств раствора. Нередко эти свойства можно получить химической обработкой. Эта обработка может потребоваться и после утяжеления. Комбинированный метод регулирования свойств БР более эффективен, он расширяет пределы изменения регулируемого параметра, сохраняет при этом другие свойства бурового раствора и повышает стабильность дисперсной системы в целом. Но это вовсе не значит, что надо всегда стремиться к комбинированному методу обработки БР. Если предоставляется возможность обойтись одним видом регулирования, лучше воспользоваться им [4, 5].

При пересечении скважиной пород, содержащих минерализованные воды или включения гипса, ангидрида и др., происходит резкое ухудшение качественных характеристик бурового раствора. Поэтому возникает необходимость изучения вещественного состава горных пород.

Определение вещественного состава горных пород производится путем установления в них процентного содержания химических элементов (их окислов) и породообразующих минералов. Химический и минеральный составы пород взаимосвязаны, но связь эта сложная, поэтому невозможно

путем пересчета химического состава горной породы получить ее минеральный состав, и наоборот.

Содержание SiO_2 является диагностическим критерием для классификации породы. В табл. 1 приведено подразделение магматических пород по содержанию кремнезема (SiO_2). Процентное содержание кремнезема в породе служит определенным критерием его кислотности, в связи с чем термином “кислая порода” стали обозначать породы, богатые SiO_2 , а “основная порода” – бедные кремнеземом, но обогащенные CaO , MgO , FeO [6].

Таблица 1

Подразделение магматических пород по содержанию SiO_2

Название пород	Содержание, SiO_2 , %	Породы
Ультраосновные	30...44	Дунит, перидотит, пироксенит, кимберлит, оливинит
Основные	45...53	Габбро, базальт, диабаз, габбро-нориты, габбро-диабазы
Средние	54...62	Сиенит, диорит, андезиты, порфирит, монцититы, монцитит-сиениты, андезито-базальты, андезито-дациты
Кислые	63...78	Гранит, липарит, гранодиориты, кварцевый диорит, кварцевые диорит-порфиры, плагиогранит
Ультракислые	>8	Пегматит, аляскит и др.

Изучая геологические разрезы месторождений Армении (Соткское, Меградзорское золоторудные, Шаумянское золотополиметаллическое, Техутское медно-молибденовое) и слагающие их породы по кислотно-щелочной группировке, приходим к выводу, что все разрезы представлены осадочными и магматическими породами кислого, среднего, основного и частично ультраосновного составов. Установлено также, что выбор реагента бурового раствора и его концентрации, оценка своевременности химической обработки зависят от правильной оценки кислотно-щелочной группировки горных пород [6, 7]. При этом необходимо учитывать факторы, определяющие особенности действия реагента в конкретных геологических условиях.

Различные горные породы обладают различными физико-механическими свойствами: твердостью, прочностью, абразивностью, упругостью, пластичностью, хрупкостью, трещиноватостью, водопроницаемостью, пористостью и др. [1].

В табл. 2 показаны технологические свойства горных пород и руд на рассматриваемых месторождениях Республики Армения.

Таблица 2

Технологические свойства горных пород (на примере месторождений РА)

Генетический тип пород	Кислотно-щелочная группировка пород	Наименование пород	Средние значения показателей основных физико-механических свойств пород			Категория буримости пород по шкале Шрейнера
			F_d (динам. прочность)	$K_{абр.}$ (абразивность)	ρ_m (объемный показатель бурения)	
Магматические 1. Интрузивные	Основные	Габбро-диориты,	13,0	1,6	37,2	IX
	Средние	Габбро-диабазы,	17,0	1,2	34,7	X
	Кислые	Кварцевые диориты,	12,0	1,7	37,2	IX
		Сиенит-диориты,	12,0	1,3	28,4	IX
		Сиенит-порфиры,	14,0	1,3	30,3	IX
		Гранодиориты,	10,0	2,3	43,5	X
		Граниты и сиениты,	12,0	1,4	30,6	IX
		Гранит-порфиры	13,0	1,5	34,9	IX-X
2. Эффузивные	Ультраосновные	Дуниты, пироксениты и перидотиты,	8,2	0,8...1,5	9,0...16,0	VIII
	Основные	Базальты и диабазы,	19,4	1,1	35,3	IX
	Средние	Андезиты и монцониты,	16,6	0,8	22,7	VIII-IX
	Кислые	Порфириты,	17,5	0,8	23,6	VIII-IX
		Дациты,	11,4	1,2	25,2	IX
		Липариты,	13,9	1,8	44,3	X
		Кварцевые порфиры,	5,0	1,08	21,0	VIII
		Кварцевые андезиты,	14,8	1,7	44,0	X
		Туфы кислых эффузивов	9,4	1,2	21,6	VIII
2. Осадочные 2.1. Обломочные 2.2. Глинистые		Аргиллиты,	10,0	0,6	12,3	VII
		Алевриты,	12,0	0,5	10,9	VI-VII
		Песчаники,	12,1	1,3	28,6	VIII
		Туфопесчаники, Конгломераты, Туфоконгломераты	13,2	1,3	30,7	VIII
		Сланцы	6,4	0,6	6,6	V-VI
		глинистые				

Результаты исследования. Исследуя характеристики представленных пород по анализированным месторождениям РА, выделим несколько типов неустойчивых пород, для бурения каждой из которых необходимо выбрать буровые растворы с определенным набором технологических свойств:

- песчаники, известняки, доломиты с пропластками глин, аргиллитов, мергелей, алевролитов, характеризующиеся неустойчивостью вследствие набухания глин и осыпей аргиллитов и алевролитов. Разбуривание их сопровождается осыпями, обвалами и поглощениями растворов, прихватами бурового инструмента;
- глины, разбуривание которых сопряжено с большими трудностями, так как они могут легко переходить в раствор, увеличивая содержание в нем твердой фазы;
- интрузивные магматические породы: габбро-диориты, габбро-диабазы, кварцевые диориты, гранодиориты, базальты и диабазы, андезитопорфиры, кварцевые порфиры, туфы кислых эффузивов, сиениты. Эти породы характеризуются умеренной и высокой динамической прочностью и разной степенью трещиноватости, раздробленные, грубозернистые;
- эффузивные магматические породы – пористые, имеющие крупные трещины и поры. При проходке этих пород значительно затрудняется бурение, снижается выход керна за счет распада этих пород на мелкие частицы или на крупные размеры различной трещиноватости, где происходит сильное поглощение бурового раствора.

Для бурения пород с различным генетическим составом нами предложены рекомендации по применению различных составов БР при проходке пород с различным генетическим составом (табл. 3) [8-10].

Таблица 3
Различные составляющие (компоненты) для приготовления БР, рекомендуемых к использованию при бурении скважин на месторождениях РА

Генетический тип пород	Наименование пород	Рекомендуемые полимерные добавки
1	2	3
Осадочные, Обломочные	Песчаники, туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты	Малоглинистые растворы с минимальной водоотдачей, так как размокание стенок скважин снижает их устойчивость. Целесообразно введение добавок целлюлозных реагентов (<i>КМЦ, гуан</i>) для снижения водоотдачи раствора.
Глинистые и карбонатные	Сланцы глинистые, мергели, известняки трещиноватые.	В малоглинистый буровой раствор необходимо добавить реагенты группы полиакриламида (<i>ПАА</i>) для снижения водоотдачи. Хороший эффект дают полимерные добавки типа <i>Supermix, LIQUI-POL</i> – подавляет гидрофильные образования. Помогают в борьбе с поглощением и облегчают вынос керна на поверхность, уменьшают значения водоотдачи и плотности БР.

Продолжение табл. 3

1	2	3
Магматические Интрузивные (основные, средние)	Габбро-диориты, габбро-диабазы, кварцевые диориты трещиноватые, абразивные.	Целесообразно использование биополимерных добавок - понизителей водоотдачи. <i>CR-650</i> создает щитную пленку против износа, <i>LIQUI-POL</i> - снижает вибрацию и дает отличную вязкость при малых концентрациях. Применение <i>КМЦ</i> как понизителя водоотдачи в малоглинистых растворах сочетании с другими химическими реагентами (<i>Supermix</i>) для борьбы с поглощением БР. Использование эмульсии <i>PENETROL XTRA</i> на растительной основе ускоряет удаление выбуренной породы, обладает смазывающим эффектом, соединяет мелкие абразивные фракции, при этом сохраняя оптимальные значения вязкости.
Магматические Интрузивные Кислые	Гранодиориты, граниты, сисениты, микрограниты, гранит-порфиры, трещиноватые, раздробленные. Кислые интрузивные породы содержат свободный кварц и труднее поддаются разрушению при бурении.	<u>Реагенты К-6, К-9</u> – разновидности гипана, устойчивы к минеральной агрессии и добавляются в раствор до 1%, способствуют незначительному повышению вязкости. Быстро и резко снижают водоотдачу, толщину глинистой корки используют при поглощениях БР.
Магматические Эффузивные (ультраосновные, основные, средние)	Дуниты, пироксениты, мелко-среднезернистые. Базальты и диабазы, андезиты, монцититы, порфириты трещиноватые, иногда массивные, содержащие примесь глинистого материала, нередко брекчированы.	Малоглинистый полимерный раствор с добавкой <i>Supermix, Claystab</i> . Позволяет снизить значения водоотдачи и толщины фильтрационной корки, но повышает показатели вязкости. Полимерный раствор с ПАА может использоваться как отдельный продукт. Его добавки обеспечивают вязкость, при которой улучшается очистка скважины от выбуренной породы, поглощая в себе твердые частицы. Также обладает свойством закупоривать мелкие поры и трещины.
Магматические Эффузивные Кислые	Дацииты, липариты, кварцевые порфиры, туфы кислых эффузивов. Пористые, трещиноватые, имеющие крупные трещины и поры.	Используя <i>CR-650</i> с <i>LIQUI-POL</i> , получаем эффективный состав бурового раствора, который позволяет бороться с поглощением и облегчает получение достоверного керна, особенно при бурении в рыхлых породах. <i>CR-650</i> удачно растворяет мелкие, но твердые частицы, а добавление в раствор <i>LIQUI-POL</i> обеспечивает повышенные прочностные свойства (необходимую вязкость и статическое напряжение сдвига). Особенно эффективен данный раствор при бурении в минерализованной кислой среде.

Закключение. Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Выбор реагента и его концентрации для многокомпонентного бурового раствора, оценка своевременности химической обработки зависят от правильной оценки кислотно-щелочной группировки горных пород. При этом необходимо учитывать факторы, определяющие особенности действия реагента в конкретных геологических условиях.

2. Для того, чтобы оценить влияние горных пород на БР в процессе бурения, необходимо контролировать основные параметры бурового раствора перед прокачиванием его в скважину и повторять замеры параметров через

определенное число циклов процесса промывки (2; 4; 6 и т.д.). Все это продлевается для контроля за параметрами БР, которые в процессе бурения могут ухудшаться.

3. В качестве основного метода регулирования параметров БР был выбран физико-химический (комбинированный) метод. При использовании данного метода в процессе разработки различных составов БР для сложных горно-геологических условий бурения скважин на месторождениях РА расширяются границы изменения основных технологических параметров бурового раствора.

Литература

1. **Михеев В.Л.** Технологические свойства буровых растворов.- М.: Недра, 1979.- 239 с.
2. **Рябченко В.И.** Управление свойствами буровых растворов.- М.: Недра, 1990.- 230 с.
3. **Демихов В.И.** Методика контроля параметров буровых растворов.- Краснодар: Изд-во ООО «Просвещение-Юг», 2004.- 137 с.
4. **Горшков Г.Ф., Глачев И.Г., Глебов В.А.** Эффективность регулирования содержания твердой фазы в буровом растворе // Бурение.- 1977.- № 6.- С. 27-29.
5. **Проселков Ю.М., Миненков В.М.** Современная технология приготовления буровых растворов: Обзорная информация.- М.: Изд-во ВНИИОЭНГ, 1983.- 48 с.
6. **Шептала Н.Е.** Руководство по физико-химическому анализу глинистых растворов, глин, утяжелителей и реагентов.- М.: Недра, 1974.- 151 с.
7. **Ронов А.Б.** Химический состав осадочных пород важнейших структурных зон континентов и пути его эволюции // В кн.: Геохимия платформенных и геосинклинальных осадочных пород и руд.- М.: Наука, 1983.- С. 7-18.
8. **Ангелопуло О.К., Подгорнов В.М., Аваков В.Э.** Буровые растворы для осложненных условий.- М.: Недра, 1988.- 135 с.
9. **Крылов В.И., Крецул В.В.** Реологические особенности буровых полимерных жидкостей.- Ухта: Изд-во УГТУ, 2010.- 235 с.
10. **Аванесова И.С.** Разработка многокомпонентных буровых растворов для бурения в сложных горно-технических условиях: Дис. ...канд. техн. наук.- Ереван, 2014.- 120 с.

*Поступила в редакцию 09.06.2023.
Принята к опубликованию 14.02.2024.*

**ՀՈՐԱՏՄԱՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹԻ ԵՎ ՏԱՐԲԵՐ ԳԵՆԵՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱԶՄՈՎ ՀՈՐԱՏՎՈՂ
ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ի.Ս. Ավանեսովա, Գ.Ռ. Բալումյան

Օգտակար հանածոների հետախուզված պաշարների յուրացման նախապատրաստման արդյունավետության և որակի բարձրացումն անհնար է՝ առանց հորատանցքերի հորատման տեխնիկայի և տեխնոլոգիայի հետագա կատարելագործման:

Հայաստանի Հանրապետության հանքավայրերի մեծ մասը՝ պղնձակույզեղանային (Ալավերդի, Շամլուղ, Կապան և այլն), պղնձամոլիբդենային (Քաջարան, Ագարակ, Թեղուտ և այլն), ոսկու (Սոթք, Մեղրաձոր, Թովսմանուկ և այլն), ոսկի-բազմամետաղային (Շահումյան, Ագատեկ, Արմանիս և այլն) բնութագրվում են բարդ երկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմաններով, որոնք հիմնականում պայմանավորված են դրանցից բաղկացած ապարների առաջացմամբ: Ինտենսիվ կոտրատված, ճեղքավորված, տարբեր աստիճանի հիդրոթերմալ փոփոխված ապարների հորատման ժամանակ ծագում են տարաբնույթ բարդություններ:

Հորատանցքերի հորատման երկրաբանատեխնիկական պայմանների բազմազանությունը, հորատման տեխնիկայի և տեխնոլոգիայի, քիմիական արտադրության զարգացումը, հորատման աշխատանքների էկոնոմիկայի և շրջակա միջավայրի պահպանության բարձր պահանջները առաջ են բերում հորատման լուծույթների որակի կատարելագործման անհրաժեշտություն: Հորատման ժամանակ տեղի է ունենում հորատման լուծույթի անմիջական շփումը հորատվող ապարների հետ, ինչի հետևանքով տեղի է ունենում տեխնոլոգիական պարամետրերի փոփոխություն: Հետևաբար, եթե լուծումը հնարավոր չէ փոխարինել, դրա հատկությունները պետք է ճշգրտվեն հորատման գործընթացում՝ համապատասխան երկրաբանական միջակայքին մոտենալու համար:

Հորատանցքերի հորատման բարձր տեխնիկական և տնտեսական ցուցանիշներն ապահովելու համար վերը նշված պայմաններում կատարվում է հորատման հատուկ բազմակազմ լուծույթների ընտրություն և դրանց տեխնոլոգիական պարամետրերի կարգավորում (խտություն, մածուցիկություն, ջրատվություն, ֆիլտրացիոն կեղևի հաստություն և այլն):

Որպես հորատման լուծույթի պարամետրերի կարգավորման հիմնական և ավելի արդյունավետ մեթոդ առաջարկվել է ֆիզիկաքիմիական մեթոդը, որը թույլ է տալիս ընդլայնել կարգավորվող պարամետրի փոփոխության սահմանները՝ միաժամանակ պահպանելով այլ հատկությունները և բարձրացնելով դիսպերսիոն համակարգի կայունությունը ամբողջությամբ:

Առանցքային բաղադր. հորատման լուծույթ, լեռնային ապարներ, տեխնոլոգիական պարամետրեր, ֆիզիկաքիմիական մեթոդ, ապարների գենետիկական կազմ:

INTERACTION OF THE DRILLING MUD WITH DRILLED ROCKS OF VARIOUS GENETIC COMPOSITION

I.S. Avanesova, G.R. Balumyan

Increasing the efficiency and quality of preparation for the development of proven mineral reserves is impossible without further improvement of the technique and technology of well drilling.

Most deposits of Republic of Armenia - copper-pyrite (Alaverdi, Shamlugh, Kapan, etc.), copper-molybdenum (Kajaran, Agarak, Teghut, etc.), gold ore (Sotk, Megradzor, Tuxhmanuk, etc.), gold-polymetallic (Shahumyan, Azatek, Armanis, etc.) are characterized by complex geological and mining technical conditions, mainly due to the formation of the rocks composing them. When drilling wells in intensely fragmented, fractured, and to varying degrees hydrothermally altered rocks, various complications arise.

The diversity of the geological and technical conditions for well drilling, the development of the techniques and technology of drilling, chemistry and chemical industry, as well as the growing requirements to the efficiency of drilling operations and environment protection lead to the improvement of the drilling fluid quality. During drilling, the drilling fluid is in close contact with the drilled rocks, which leads to significant changes in its main technological parameters. Therefore, if it is possible not to replace the solution, its properties must be adjusted during the drilling process at approaching the geological interval.

To ensure high technical and economic indicators of drilling wells in the above conditions, special multicomponent drilling fluids are selected, and their technological parameters are regulated (density, viscosity, water yield, filtration crust thickness, etc.).

As the main method of regulating the parameters of the drilling mud (DM), a physicochemical method is proposed as most effective, allowing to expand the limits of change of the controlled parameter, while preserving other properties of DM and increasing the stability of the dispersed system as a whole.

Keywords: drilling mud, rocks, technological parameters of drilling mud, physico-chemical method, genetic composition of rocks.