

МЕТОДИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ К ВЫБОРУ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ БУРОВОГО РАСТВОРА, ДЛЯ ОТБОРА КЕРНА В СЛОЖНО ГОРНО-ГЕОЛГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ – АВПД ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА ГЛУБОКИМИ ЗАЛЕЖАМИ (ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА БУРОВОГО РАСТВОРА ПРИ ОТБОРЕ КЕРН)

Э.Б. Элмуратов¹, П.С. Пушмин^{1,2}, Ш.Ш. Хушвактов³

1. Иркутский национальный исследовательский технический университет, г.Иркутск

2. Кафедра нефтегазового дела: Научный руководитель по направленностям аспирантуры Иркутский национальный исследовательский технический университет, г.Иркутск

3. Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Аннотация: Основные изменения геохимических характеристик образцов породы на стадии отбора керна связаны с необоснованным выбором типа и показателей свойств промывочной жидкости. С целью получения представительного керна требуемого качества, обладающего необходимой геологической информативностью, актуально обоснование состава и показателей свойств промывочных, а также других параметров технологического процесса бурения.

Ключевые слова: Отбор керна, буровой раствор, утяжеленный буровой раствор на водной основе

METHODOLOGICAL STUDY ON SELECTION OF COMPONENT COMPOSITION AND DRILLING MUD PROPERTIES FOR CORING IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS - AVPD OF SOUTHERN UZBEKISTAN WITH DEEP DEPOSITS (SELECTION OF OPTIMAL TYPE OF DRILLING MUD FOR CORING)

E.B. Elmuratov¹, P.S. Pushmin^{1,2}, Sh.Sh. Khushvaktov³

1. Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

2. Department of Oil and Gas Engineering: Scientific supervisor for postgraduate studies, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

3. Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

Abstract: The main changes in geochemical characteristics of rock samples at the stage of coring are associated with unreasonable choice of type and property indicators of flushing fluid. In order to obtain a representative core of the required quality, having the

necessary geological informativeness, it is relevant to substantiate the composition and property indicators of flushing fluids, as well as other parameters of the technological drilling process.

Key words: Core sampling, drilling mud, water-based weighted mud.

ВВЕДЕНИЕ: Керн является наиболее достоверным инструментом для изучения и подтверждения геологического строения нефтяных и газовых месторождений, уточнения результатов геологоразведочных работ. На основании данных по пористости, проницаемости, гранулометрическому составу, удельной поверхности, карбонатности, сжимаемости, насыщенности керна нефтью, газом и водой получают информацию о структуре, физико-механических и физико-химических свойствах продуктивных пластов. Отбор керна является сложной технологической операцией, требующей значительных финансовых и временных затрат, именно поэтому очень важно сохранить нативные свойства геологического материала.



Основные изменения геохимических характеристик образцов породы на стадии отбора керна связаны с необоснованным выбором типа и показателей свойств промывочной жидкости. С целью получения представительного керна требуемого качества, обладающего необходимой геологической информативностью, актуально обоснование состава и показателей свойств промывочных, а также других параметров технологического процесса бурения.

Методы; теоретических и практических исследований в области отбора керна, фильтрационные, реологические и другие методы исследования, определить и предложить критерии выбора состава и показателей свойств буровых растворов, используемых для отбора керна, в сложно горно-геологических условиях. Данная технология с участием научных авторов статьи по факту применено на скважинах месторождения Мустакиллик 25-йиллиги, Сурхандарьинской области Республики Узбекистан.

Цель бурения: Подтверждение промышленных скоплений углеводородов, оценка фильтрационных емкостных и добычных характеристик продуктивных горизонтов XV, XVa и XVI (рис-1). На основании экспериментально-исследовательских работ для скважин Кустовой площадки месторождения Мустакилликнинг 25-йиллиги далее «М-25» (г.Бойсун, Сурхандарьинская область, Республика Узбекистан) по стратиграфическому разрезу расположенных пластов скважины проведен выбор оптимального рецептур бурового раствора с целью качественного отбора керна.

Данная месторождения по стратиграфию сложно-построенная залежь приуроченный к юрским подсолевым карбонатным отложениям, то есть газовой коллектор XV и XVa карбонатных горизонтов Юры ожидаемый продукт – высокосернистый газ, основная часть- метан (80-82%), присутствие сероводорода

в большом количестве (H_2S - 8% и более) и углекислого газа (CO_2 -12,7%),

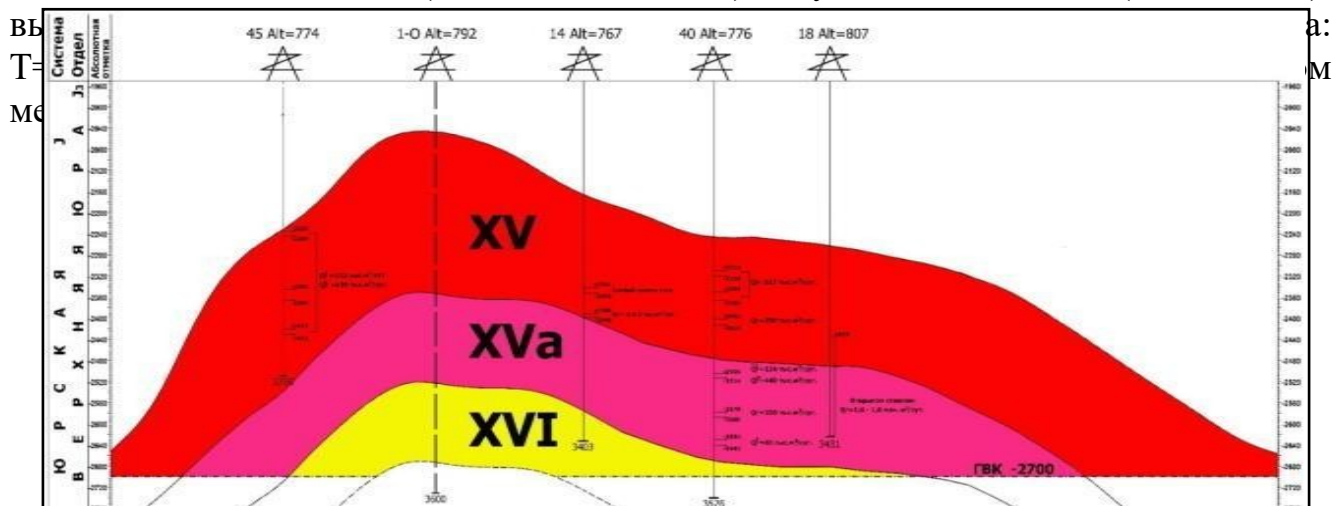


Рис-1. Продуктивные горизонты газового месторождения, схематичный геологический разрез.

Промышленная газоносность месторождения связана с юрскими карбонатными отложениями (общая мощность около 600-700м);

- XV горизонт представлен пересаживанием ангидритов и известняков;
- XVa горизонт представлен известняками, преимущественно мелководных лагунных фации;
- XVI горизонт сложен плотными, глинистыми известняками с прослоями мергели и известковистых глин.

Конструкция скважины Well №X (таблица-1)

Наименование колонны	Диаметр, мм		Глубина спуска колонны	Высота подъема цемента -ВПС
	колонна	долота		
Направление	660,4	660,*84	0-40	0-40
Кондуктор	339,7	444,5	0-2800	0-2800
II промежуточная колонна	244,48	311,2	0-3250	0-3250
Эксплуатационная колонна	177,8	215,9	0-3776	0-3776

Литолого-стратиграфическая (таблица-2)

1,15	Пес
5-1,22	Пес
1,1	Гли водоб.
1,1	И
1,1	Извс
1,1	И
	Сер
	извс
	Пес

характеристика скважины

давление и температура по разрезу

Стратиграфическое подразделение	Интервал, м		Градиенты давления				геотермический градиент градус/100м	Давления, МПа				Температура, градус, °С
	от (верх)	до (низ)	пластового давления	порового давления	гидро-разрыва пород	горного давления		пластовое	поровое	гидро-разрыва	горное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Неоген + четвертичные	16	564	0,01	0,012	0,0175	0,019	0,0505	0.16	5.6	9.9	10.7	28.5
Палеоген (бухарские слои)	564	896	0,01	0,012	0,0175	0,019	0,0550	5.6	9.0	15.7	17.0	49.3
Сенон	896	1436	0,01	0,0135	0,0175	0,022	0,0403	9.0	14.4	25.1	31.6	57.9
Турон	1436	1828	0,01	0,0142	0,0175	0,022	0,0393	14.4	18.3	32.0	40.2	71.8
Сеноман	1828	2077	0,01	0,0142	0,0175	0,022	0,0375	18.3	20.8	36.3	45.7	77.9
Альб	2077	2435	0,01	0,0159	0,0187	0,022	0,0338	20.8	24.4	45.5	53.6	82.3
Апт	2435	2572	0,01	0,0159	0,0187	0,022	0,0333	24.4	25.7	48.1	56.6	85.6
Баррем	2572	2670	0,01	0,0159	0,020	0,022	0,0339	25.7	26.7	53.4	58.7	90.5
Готерив	2670	2779	0,01	0,0159	0,021	0,022	0,0360	26.7	27.8	58.4	61.1	100.0
Валанжон XIV горизонт	2779	2998	0,0152 - 0,0157	0,0157	0,0232	0,024	0,0375	42.2	45.6	69.6	72.0	112.4
Титон	2998	3249	-	-	-	0,024	0,0369	-	-	-	78.0	119.9
Кимеридж - верхний оксфорд XV горизонт	3249	3543	0,0187 - 0,0202	0,0202	0,0225	0,0245	0,0363	60.8	66.3	79.7	86.8	128.6
Верхний келловей-нижне-средний оксфорд XVa горизонт	3543	3776	0,0187 - 0,0202	0,0202	0,0225	0,0245	0,0363	66.3	70.6	85.0	92.5	137.1
Средний келловей XVI горизонт	3776	3966	0,0187 - 0,0202	0,0187 - 0,0202	0,0225	0,0245	0,0363	70.6	74.2	89.2	97.2	144.0
Лес-бат-нижний келловей (terr. юра)	3966	4700	0,0159 - 0,0168	0,0159 - 0,0168	0,0225	0,0245	0,0363	63.1	74.7	105.8	115.2	170.6

Примечание: Значения давлений приведены по кровле интервалов, а температуры - по подошве.

Программа отбора и исследования керна (таблица-3).

Стратиграфическое подразделение	Интервал, метр		Метраж отбора	Минимальный диаметр керна мм (in)	Максимальная проходка за долбление, м
	от (верх)	до (низ)			
Кимеридж – верхний оксфорд XV горизонт (J3km-tt)	2906	3162	256	101,6 (4")	до 54м*
Верхний келловей-нижнесредний оксфорд XVa горизонт (J3km-tt)	3162	3405	243	101,6 (4")	до 54м*
Средний келловей XVI горизонт (J2)	3405	3483	78	101,6 (4")	до 54м*
Всего			577		

•Характер пород, слагающих продуктивный XV горизонт, основные коллекторские свойства – известняки порово – трещиновато – кавернозного типа с прослоями ангидритов. В основании и средней части разреза с маломощными прослоями темно-серых и серых пелитоморфных и глинистых известняков. Общее количество карбонатных прослоев увеличивается сверху-вниз по разрезу, в основании толщи оно становится максимальным.

•Продуктивный XVa горизонт сложен серыми и темно-серыми, органогенными, преимущественно плотными известняками. В отличие от нижележащих карбонатных пород и комковатых, вторично измененных, нередко кавернозных высокопористых известняков, составляющих основную часть объёма гранулярного коллектора.

1. Выбор бурового раствора

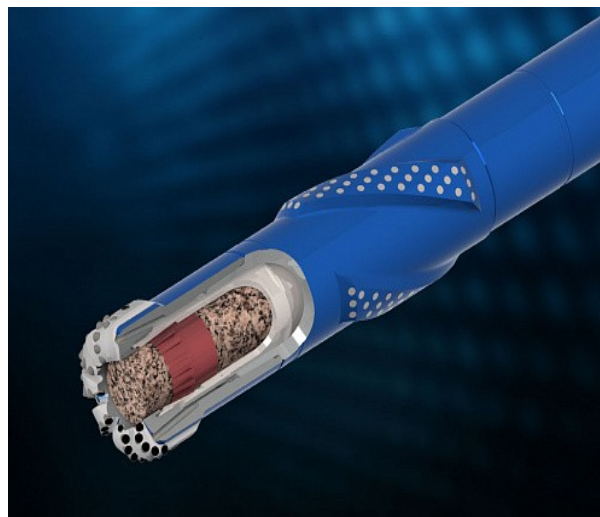
•**Тип раствора** утяжеленный раствор плотностью $\gamma=2,16\text{гр}/\text{см}^3$ соответствует равновесию пластового давления при циркуляции. Плотность бурового раствора $\gamma=2,22\text{гр}/\text{см}^3$ соответствует коэффициенту запаса 1,03 над пластовым давлением.

•Ожидаемые осложнения:

- поглощения бурового раствора ниже глубины 3162м;
- Газопроявление с глубины 2906м в процессе бурения, промывок, СПО и при несоблюдении плотности бурового раствора;
- Газопроявления с XVa горизонта вследствие поглощения бурового раствора;
- сужение стенок скважины против проницаемых пород в интервалах 2906-3405м;
- прилипание гладкой части труб против проницаемых интервалов из-за перепада давлений в системе скважина+пласт, при остановках движения бурильного инструмента.

1.1. Обзор опыта применения ингибированный минерализованный утяжеленных буровых растворов для отбора керна. От компонентного состава и фильтрационных свойств промывочной жидкости, используемой на этапе отбора керн, во многом зависит изменение естественной флюидонасыщенности керна. Есть понятие, что буровые растворы на водной основе, состав фильтрата которых представлен водной фазой, приводят к увеличению значения водонасыщенности керна. Проникновение фильтрата бурового раствора во время отбора керна является одним из факторов, влияющих на его действие в месте насыщенности породы пласта.

Имеется ряд научных статей, что несмотря на широкую практику применения бурового раствора на водной основе для отбора керна, многие авторы высказывают опасение, что даже при условии достижения такими системами низких значений фильтрационных характеристик, контакт керна с буровых растворов неизбежно приводит к нарушению сохранности его свойств. Это происходит как при подъеме керна на дневную поверхность, так и при транспортировке к месту дальнейшего анализа.



Следует отметить, что применение традиционных буровых растворов для отбора керна на буровом растворе водной основе, может приводить к нарушению (изменению) его остаточной водонасыщенности, что, в свою очередь, затрудняет интерпретацию данных по нефтегазонасыщенности продуктивного пласта, получаемых в ходе исследования отобранного кернового материала. Так, необходимо подчеркнуть, что системы буровых растворов с низким значением показателя фильтрации позволяют минимизировать проникновение раствора в керн, но смачиваемость породы и ее флюидонасыщенность могут изменяться при противоточном проникновении фильтрата бурового раствора или его диффузии до начала анализа керна.

Важную роль в обеспечении качества кернового материала играет выбор не только типа бурового раствора, но также и показателей его технологических и специальных свойств. Особое внимание уделяют контролю плотности, фильтрационных и реологических свойств бурового раствора.

С целью предотвращения «загрязнения» порового пространства керна твердой фазой и фильтратом бурового раствора для отбора керна допускается применение исключительно буровых растворов с ограниченной фильтрацией.

При этом, необходимо отметить, что разработанный и примененный утяжеленный буровой раствор ингибирующего минерализованного на водной основе (обработанные химреагентами для предупреждения набухания разбуриваемых пород и чрезмерного обогащения раствора твердой фазой) могут последовательно минимизировать проникновение фильтрата и обеспечить отбор керна с непроницаемыми центрами.

Данная практика наиболее распространяется при бурении поисково-разведочных скважин месторождения Мустакилликнинг 25-йиллиги (далее М-25), и при использовании утяжеленного бурового раствора ингибирующего минерализованного на водной основе для отбора керна особое внимание уделяется контролю показателя фильтрации, в том числе при высокой температуре и высоком давлении (НТНР – high temperature and high pressure) и толщине фильтрационной корки.

1.2. Методические подходы к выбору типа и показателей свойств буровых растворов для отбора керна.

В условиях многообразия существующих рецептов буровых растворов, перед специалистами проектных и геологических организаций встает проблема выбора компонентного состава и показателей свойств бурового раствора для отбора керна в конкретных геолого-технических условиях месторождения.

При обосновании выбора компонентного состава бурового раствора для отбора керна должны учитываться следующие критерии:

- цели отбора керна и конкретный перечень планируемых геохимических анализов керна;
- литологический состав пород в интервале отбора керна, в том числе классификация пород по категориям буримости;
- наличие/отсутствие и виды осложнений при строительстве предыдущих скважин на конкретном месторождении или в аналогичных геолого-технических условиях бурения.

Наибольшую трудность в сохранении керна и его максимального выноса

вызывает отбор в рыхлых, набухающих, перемятых горных породах, растворяющихся в промывочной жидкости.

С целью обеспечения достоверной интерпретации геофизической информации в составе всех типов буровых растворов для отбора керна должны отсутствовать химические реагенты, отрицательно влияющие на работу телеметрического и каротажного оборудования (например, гематит, магнетит).

Предлагаемый алгоритм выбора и приготовление компонентного состава буровых растворов для отбора керна по скважинам месторождение Мустакилликнинг 25-йиллиги «г.Бойсун, Сурхандарьинской области. Республика Узбекистан» приведен в таб.4.

Таблица-4. Компоненты бурового раствора Ингибирующего минерализованного на водной основе

Наименование продукта	Диапазон концентрации	Описание и функции
CAUSTIC SODA / КАУСТИЧЕСКАЯ СОДА	1,5 - 4,0 кг/м ³	Регулятор pH
SODA ASH / КАЛЬЦИНИРОВАННАЯ СОДА	0,5 - 2,0 кг/м ³	Нейтрализатор жесткости
BENTONITE / БЕНТОНИТ	3,0 - 5,0 кг/м ³	Структурообразователь
MAGNESIUM OXIDE / ОКСИД МАГНИЯ	1,0 - 2,0 кг/м ³	Буфер pH
MIL-PAC LV / МИЛ-ПАК ЛВ	4 - 6 кг/м ³	Понизитель водоотдачи
MIL-PAC LV / МИЛ-ПАК Р	2 - 4 кг/м ³	Модификатор реологических параметров, понизитель водоотдачи
SODIUM CHLORIDE / ХЛОРИСТЫЙ НАТРИЙ	320 кг/м ³	Минерализатор
БИО-РАQ / БИО-ПАК	3,0 - 6,0 кг/м ³	Термостойкий регулятор фильтрации
XAN-PLEX D / КСАНПЛЕКС	1,0 - 3,0 кг/м ³	Структурообразователь
SULFATROL / СУЛЬФАТРОЛ	10,0 - 15,0 кг/м ³	Микроколматант
CALCIUM CARBONATE F,M,C / КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ кр, ср, мелк	60 - 100 кг/м ³	Кислоторастворимый кольматант
BARIT / БАРИТ	1000 - 1500 кг/м ³	Утяжелитель
LD-9 / ЛД-9	0,3 - 0,5 л/м ³	Пеногаситель
REMACIDVER / РЕМАЦИДВЕР	0,5-1,0 л/м ³	Бактерицид
HIMOLUBE / ХИМОЛУБ	10,0 - 20,0 л/м ³	Смазочная добавка
LIME / ИЗВЕСТЬ	1,0 - 2,0 кг/м ³	Нейтрализатор пластовых агрессивностей
DRILL-THIN / ДРИЛЛ-ТИН	2,0 - 4,0 кг/м ³	Разжижитель
ALL-TEMP / ОЛЛ-ТЕМП	2,5 - 4,0 кг/м ³	Высокотемпературный пластификатор
MIL-GARD / МИЛ-ГАРД	10,0 - 15,0 кг/м ³	Нейтрализатор сероводорода

Таблица 5. Параметры бурового раствора

Параметры БР	Ед.изм	Значения
--------------	--------	----------

<i>Плотность</i>	<i>гр/см³</i>	<i>2,16 / MPD 2,24*</i>
<i>Условная вязкость</i>	<i>с</i>	<i>70 - 100</i>
<i>Пластическая вязкость</i>	<i>сПз</i>	<i>30 - 70</i>
<i>Динамическая напряжение сдвига - ДНС</i>	<i>фунт / 100 фут²</i>	<i>18 55</i>
<i>Статическая напряжение сдвига - СНС</i>	<i>фунт / 100 фут²</i>	<i>4 -20 / 6 -45</i>
<i>Водоотдача (фильтрат)</i>	<i>см³ / 30мин</i>	<i>≤ 4</i>
<i>Корка - К</i>	<i>мм</i>	<i>≤ 3</i>
<i>pH</i>		<i>10,0 – 11,0</i>
<i>Содержание смазки</i>	<i>%</i>	<i>1 – 2</i>
<i>Общая жесткость</i>	<i>мг/л</i>	<i>≤ 800</i>
<i>Содержание хлорид ионов Cl</i>	<i>мг/л</i>	<i>замер для выбора обработки раствора</i>
<i>МВТ</i>	<i>кг/м³</i>	<i>≤ 28</i>
<i>Содержание твердой фазы низкой плотности</i>	<i>%</i>	<i>≤ 8</i>
<i>Pf / Mf</i>		<i>замер для выбора обработки раствора</i>
<i>Содержание карбоната кальция</i>	<i>кг/ м³</i>	<i>≤ 65</i>

Дополнительные требования к компонентному составу бурового раствора для обеспечения репрезентативности керна в зависимости от целей работ по отбору керна и видов геохимических исследований. Буровые растворы при проникновении внутрь керна в процессе отбора оказывают влияние на естественное флюидонасыщение пород.



Буровой раствор в данном интервале до отбора керна должен быть заблаговременно обработан реагентом MIL-GARD поглотителем сероводорода и известью «устойчивость к CO₂ и H₂S», также необходимо доработан ALL-TEMP, VOI-PAQ, Хлоридом Натрия – NaCl и Баритом BaSO₄. При приготовлении буровых растворов новых порции необходимо поддерживать концентрации всех реагентов согласно таблице № 4 и 5. Не допускать снижения pH ниже 10,5 для набухания ангидритов и влияния сероводорода. Вынос керна при каждом рейсе составил – от 95% до 100% (до ±18м). Керна отобран в алюминиевую трубу, распилен на метровые отрезки,

закрывается с торцов концевыми крышками и хомутами и уложен в специальный ящик.

Для предупреждения возникновения осложнений необходимо контролировать седиментационную устойчивость бурового раствора.

Произвести обработку раствора при последнем рейсе перед отбором керна и привести параметры раствора в соответствии Программой промывки при бурении скважины, в процессе отбора керна обработка раствора запрещается, за исключением случаев ликвидации НГВП или поглощений.

Реологические свойства бурового раствора (пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, статическое напряжение сдвига) определяют качество очистки ствола скважины от выбуренной породы, значение эквивалентной циркуляционной плотности раствора, величину гидродинамических давлений, седиментационную (к оседанию утяжелителя) и агрегативную (к слипанию частиц дисперсной фазы) устойчивость раствора во времени.

Значения показателей реологических свойств бурового раствора, используемого, в том числе, для отбора керна, определяются по результатам гидравлических расчетов промывки ствола скважины с учетом максимальной циркуляционной температуры бурового раствора.

При отборе керна в условиях повышенных пластовых температур буровой раствор должен также сохранять агрегативную и седиментационную устойчивость, стабильность реологических свойств при температуре, соответствующей максимальной пластовой.

Для буровых растворов на водной основе в случае необходимости определения физико-химических свойств пластовых флюидов, содержащихся в образцах керна, дополнительным требованием является контроль удельного электрического сопротивления бурового раствора.

Точное значение удельного электрического сопротивления используется для внесения соответствующих корректировок при интерпретации полученных геохимических данных при исследовании керна.

Вывод

Выбор технологических жидкостей для отбора керна должен определяться требованиями к сохранению исходных свойств отбираемого кернового материала, свойствами породы, свойствами технологической жидкости, а также конкретными условиями бурения с отбором керна. Учёт перечисленных факторов может позволить провести целенаправленный выбор технологических жидкостей, обеспечивающих сохранение необходимого комплекса нативных свойств породы при отборе керна. Определены наиболее перспективные типы буровых растворов для отбора керна с точки зрения сохранения исходных свойств отбираемой породы. Предложен алгоритм выбора типа и компонентного состава буровых растворов, используемых для отбора керна, в зависимости от целей работ, категории пород по трудности отбора керна и видов геохимических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Результаты испытания буровых растворов на углеводородной основе при резке боковых стволов на Нонг-Еганском месторождении/ Бакиров Д.Л. [и др.]. // Нефтяное хозяйство. 2012. № 11. С. 108- 109.

2 Карпов Ю.И., Аюпов Р.Ю., Фасхутдинов Р.Ш. Совершенствование техники и технологии бурения с отбором керна в Нурлатском УБР // Бурение и нефть. – 2006. – № 5. – С. 18–20.

3 Буровой раствор на углеводородной основе: пат. 2208034 Российская

Федерация, С09К 7/06. № 2001128580/03; заявл. 22.10.2001; опубл. 10.07.2003. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet (дата обращения 01.10.2021).

4 Изучение коллекторов по керну, отобранному при бурении на растворах с нефтяной основой / А.В. Ручкин, Л.И. Орлов, В.Г. Топорков, В.Г. Фоменко // Геология нефти и газа. – 1981. – № 11. – С. 28–35.

5 Сапожников А.А., Назаров А.П. Опыт отбора представительного керна из пологих и горизонтальных скважин при разведке и разработке месторождений комплексного сырья // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 24–26.

6 Отбор керна в условиях сильно трещиноватых окремненных карбонатных коллекторов Сибирской платформы / Сираев Р.У., Вахромеев А.Г., Акчурин Р.Х., Карпиков А.В., Сверкунов С.А. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 6. – С. 13–20.

7 Гизатуллин Д.М. Актуальные проблемы отбора керна и их решения // Тезисы докладов Научной конференции молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН. – М.: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2019. – С. 28. 22.

8 Ashena R., Thonhauser G. Coring methods and systems. – Cham: Springer International Publ., 2018. – 269 p.

9 First global successful large diameter pressurized coring application using HPWBM: Kuwait case history / R. Stewart, T. Osman, T. Reda, A. Al-Ajmi, A. Al-Rushoud, A. Gohain, F. Khatib, H. Al-Haj, F. Al-Naqa, F. Al-Mutawa, M. Al-Gharib, H. Shinde, A. Al-Mekhalef // Paper SPE 192694-MS. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. – Abu Dhabi, 12–15 November, 2018. DOI: 10.2118/192694-MS.

10 Rathmell J.J., Gremley R.R., Tibbitts G.A. Field applications of low invasion coring // Paper SPE 27045-MS. SPE Latin America/Caribbean Petroleum Engineering Conference. – Buenos Aires, 27–29 April, 1994. DOI: 10.2523/27045-MS.

11 New technology integration of real time OBM borehole images and formation sampling while drilling. Lessons learned in challenging Deepwater Gulf of Mexico environments / R. Elghonimy, W. Pineda, G. Cedillo, M. Saidian, J. Wadsworth, D. Halverson, H. Watcharophat, S. Paul, I. Basu, A. Mayans, C. Schroeder // Paper SPWLA-5038 presented at the SPWLA 61st Annual Logging Symposium. Virtual Online Webinar. June 2020. DOI: 10.30632/spwla-5038.

12 Skopec R.A., McLeod G. Recent advances in coring technology: new techniques to enhance reservoir evaluation and improve coring economics // The Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1997. – V. 36. – № 11. – С. 22–29.

13 Warner H.R. Jr., Rathmell J.J. Mechanisms controlling filtration at the core bit for oil-based muds // SPE Drilling & Completion. – 1997. – V. 12. – № 02. – P. 111–118.

14 Development of all-oil drilling fluid for core sampling with natural fluid saturation saving in the Timan-Pechora Oil-and-Gas Province / I. Borovkova, S. Kharin, S. Malikov, I. Nekrasova, P. Khvoschin, O. Garshina, D. Kazakov // Paper SPE 191743 presented at the SPE Russian Petroleum Technology Conference. – Moscow, Russia, 15–17 October, 2018. DOI: 10.2118/191743-18RPTC-MS.