

© Г.М.Эфендиев, М.К.Каражанова, А.С.Амиров, Т.М.Кадырова, 2014

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СОСТАВОМ И УСЛОВИЯМИ ОБРАЗОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ, ПРИВОДЯЩИХ К ОТКАЗАМ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Г.М.Эфендиев¹, М.К.Каражанова², А.С.Амиров¹, Т.М.Кадырова¹

1 – Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119

2 – Каспийский Государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова
Казахстан, 130000, г.Актау, 32 мкрн.

В статье изложены результаты исследований состава и структуры механических примесей, влияющих на работу электроцентробежных насосов. На примере скважин некоторых месторождений Казахстана с помощью физических методов показана эффективность использования полученных результатов для анализа причин отказов электроцентробежных насосов.

Введение. Как известно, в скважине насос находится под воздействием многих факторов, отрицательно влияющих на его работу. В последнее время данный вопрос стал привлекать интерес многочисленных исследователей, отмечающих роль тех или иных факторов, способствующих отказам электроцентробежных насосов (ЭЦН). Среди этих факторов в большинстве работ в качестве одной из главных причин выделяется наличие механических примесей. В частности, как отмечается в работе (Игнатьев, 2011), среди причин отказов скважинных насосных установок механические примеси занимают порядка 54%, а вместе с отложениями солей — 65%. Для большинства нефтяных месторождений Западной Сибири механические примеси составляют 35-50% от общего числа основных причин отказов глубинных насосов, тогда как коррозия – 20-25%, а солеобразование – 15-20% (Бахтизин, Смольников, 2012).

Результаты исследований, проанализированных нами на примере скважин месторождений Казахстана, также подтвердили отмеченный факт. В этих условиях основной причиной отказов насосов являются наличие механических примесей и солеотложений, что составляет для рассмотренных скважин около 38%, далее – повреждение электрокабеля (23%) и другие. В частности, на месторождении Каракудук динамика отказов глубиннонасосного оборудования за текущий год по причине влияния механических примесей составляет практически половину (47%) от общего числа отказов с наработкой до 365 суток. В основном отказы глубинных насосов происходят по причине выхода из строя са-

мого насоса и кабеля вследствие засорения рабочих органов и забивания фильтров механическими примесями. Совокупность всех осложнений приводит к резкому снижению эффективности работы глубиннонасосного оборудования. Было выявлено, что сравнительно крупные механические примеси, скапливаясь довольно быстро внутри насоса, вызывают его заклинивание, а рассеянные мелкие механические примеси, проходя через ЭЦН, вызывают чрезмерную вибрацию и повышенный износ металла, все это приводит к отказам насосов. Влияние состава (наличие абразивных частиц) механических примесей требует тщательного изучения, что в свою очередь обуславливает важность проведения исследований по изучению влияния состава и объема механических примесей на процесс изнашивания и выхода из строя отдельных деталей насоса.

Цель исследований. Исходя из отмеченного, целью настоящей статьи является проведение комплексных исследований состава и свойств механических примесей, накапливающихся на рабочих органах ЭЦН при эксплуатации скважин. Объектом исследований являются скважины месторождения Каракудук (Казахстан).

Методы исследований. Как известно, в процессе добычи нефти во внутрискважинном оборудовании и в промысловых коммуникациях происходит накопление различных механических примесей, которые в большинстве случаев являются причинами различных осложнений и отказов. Для выбора наиболее эффективного способа защиты необходимо иметь представление о структуре и происхождении осадков, ко-

личественном составе и размерах составляющих их частиц. Достоверность результатов стандартных определений химического состава образцов повышается в случае дополнительного использования следующих физических методов (Конопелько и др., 2009):

- метод рентгеноструктурного анализа;
- метод энергодисперсионного (ЭД) микроанализа.

В связи с этим в настоящей статье рассмотрен комплексный подход к анализу отложений, отобранных с рабочих органов электроцентробежного насоса из скважин, эксплуатирующих пласты юрских отложений месторождения Каракудук.

Образцы, имеющие резкий запах, представлены вязкой массой тёмно-коричневого цвета с включениями твёрдых частиц. Проведены исследования выделенных из образца твёрдых включений рентгеноструктурным методом с помощью рентгеновского дифрактометра общего назначения Rigaku Miniflex-600. Данные исследования проводились в аналитическом центре Института геологии НАН Azerbaijan.

Принцип действия подобных приборов основан на дифракции потока рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решётки исследуемого вещества с регистрацией интенсивности дифрагированного излучения в зависимости от двойного угла дифракции.

Результаты исследований. Поскольку соединения, входящие в состав образца, имеют неодинаковую структуру, дифракционная картина характеризуется разнообразием комплекса рефлексов и соотношений их интенсивности. В общем случае на дифрактограммах наблюдаются пики, которые сравниваются с данными из рентгенометрической картотеки PDFMaint. В связи с тем, что образцы отобраны из различных горизонтов, картина на дифрактограммах различная, т.е. по своему составу механические примеси отличаются.

Так, идентификация пиков на дифрактограммах (рис.1), полученных при исследовании большинства образцов, отобранных из горизонтов юры (Ю-1) месторождения Каракудук, с данными из рентгенометрической картотеки позволяет предположить, что исследуемые образцы в основном представлены по составу таким образом, что невозможно в данном случае указать на преимущественное наличие каких-либо соединений. Регистрируемый высокий фон и отсутствие ярко выраженных пиков, плавный,

монотонный характер дифрактограммы (рис.1а) для этих образцов указывают на наличие в образце рентгеноаморфного вещества с достаточно большим количеством соединений железа.

Однако пики на дифрактограмме (рис.1б), полученной при исследовании некоторых образцов горизонтов Ю-1 и Ю-1/Ю-2 месторождения Каракудук, показали наличие в механических примесях в большинстве своём хлоридов, в частности, хлористого натрия (NaCl), гидрата хлорида магния ($\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), хлорита кальция ($\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$), а также оксидов кальция, стронция, алюминия ($\text{CaSr}_2\text{Al}_2\text{O}_6$).

С помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6390A получены изображения поверхности материала образцов с большим разрешением, а также выполнено фрагментарное сканирование выделенных из образцов твёрдых включений.

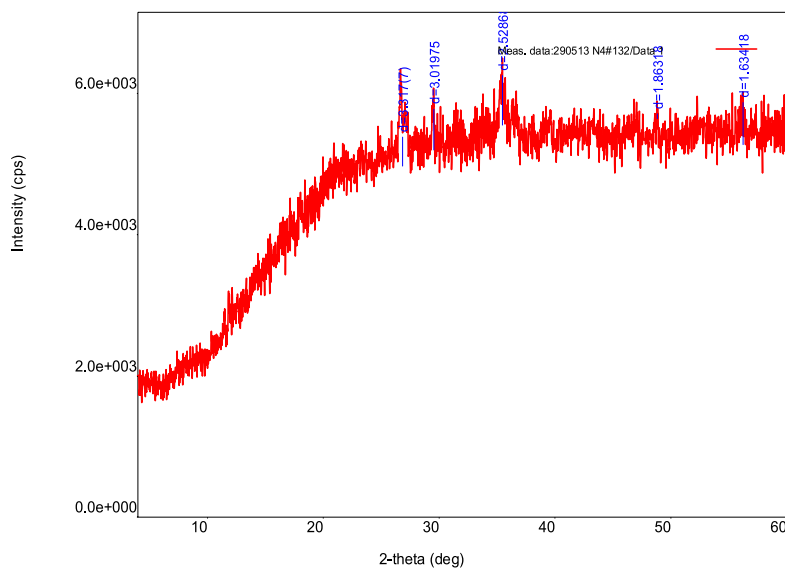
Принцип действия микроскопа основан на зондировании поверхности исследуемого образца тонко сфокусированным управляемым электронным лучом в условиях высокого вакуума. В зависимости от состава материала и его структуры под воздействием электронов пучка возникает вторичное излучение с характерным спектром, соответствующим набору элементов, присутствующих в образце. Результаты энергодисперсионного анализа вторичного квантового излучения представляются в виде спектрограммы (рис.2). По интенсивности линии спектра определяются концентрации элементов.

На основании результатов исследований образцов физическими методами можно утверждать, что они представляют собой разнородную смесь кварца (7,1-82,6%), полевого шпата (4,1-6,6%), доломита (3,1-4,5%), гематита (1,5-71,1%), ангидрита (3,5%), кальцита (4,9-83,7%) с примесью хлоридов и глин (5%) (табл. и рис.3). На рис. 3 представлено распределение минералогического состава исследуемых отложений месторождения Каракудук. Всего проанализировано 6 локальных проб, в двух остальных пробах преобладают в основном хлориды.

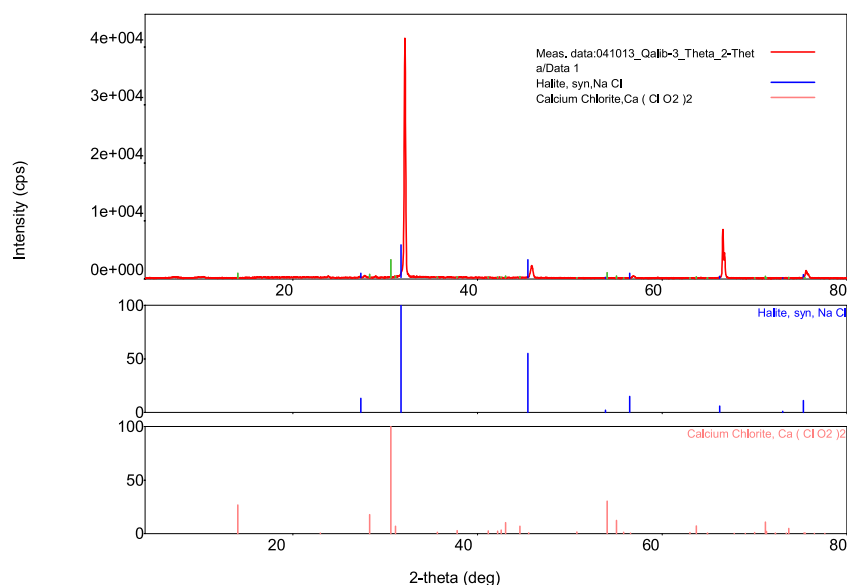
Как видно из рис. 3, в составе механических примесей обнаружены минералы, обладающие абразивной способностью, такие как кварц, полевые шпаты. Свойства осадка, как известно, определяются совокупностью множества физико-химических факторов, связанных с геологическими условиями залегания залежи, техногенными явлениями и особенностями экс-

плуатации месторождения. Наличие в пробах карбонатных и сульфатных солей кальция, а также хлоридов натрия обусловлено главным образом химическим составом попутной воды и растворённого газа. Главным источником солей является пластовая вода, добываемая совместно с нефтью. В этой связи процессу солеотложения подвержены подземные и наземные оборудования скважины и наземное оборудование, эксплуатирующееся в условиях обводнения добы-

ваемой продукции. Отложения хлорида натрия при добыче нефти встречаются на месторождениях, где залежи нефти контактируют с высокоминерализованными рассолами. Пластовые воды продуктивных горизонтов месторождения Каракудук относятся к крепким рассолам хлор-кальциевого типа с плотностью 1130-1150 кг/м³ и соответствующей этому суммарной минерализацией 196-247 г/л.



а)



б)

Рис. 1. Дифрактограммы, полученные при исследовании образцов механических примесей (месторождение Каракудук):

- а) месторождение Каракудук, горизонт Ю-1,
- б) горизонты Ю-1 и Ю-2

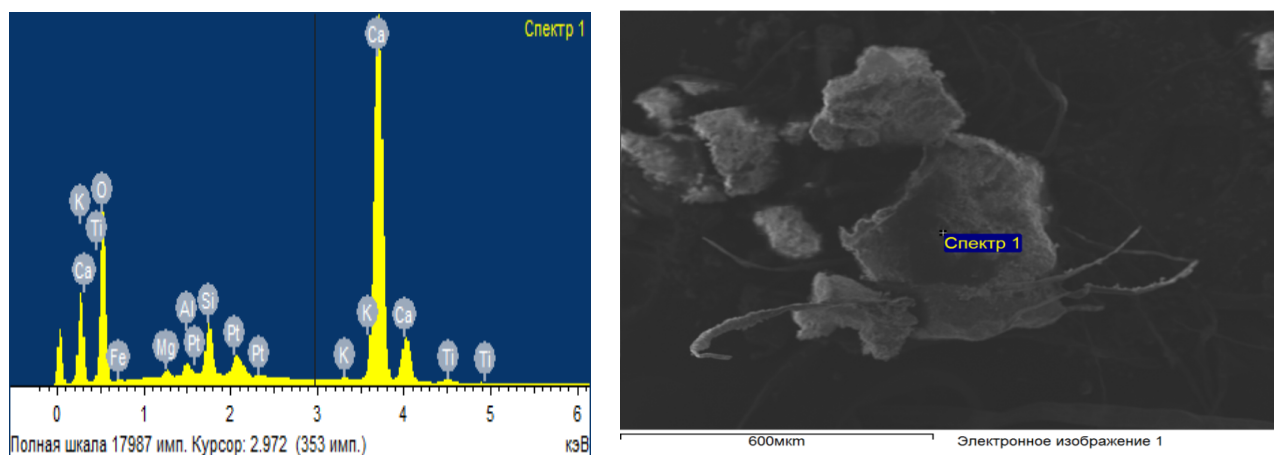


Рис. 2. Спектрограммы образцов механических примесей

Минералогический состав механических примесей (в %)

№ образца	SiO ₂ (α - кварц)	Полевой шпат	Глина	CaCO ₃ (Кальцит)	CaMg(CO ₃) ₂ (Доломит)	Fe ₂ O ₃ (Гематит)	CaSO ₄	CaCl ₂	NaCl
1	7,1	-	3,2	83,7	4,5	1,5	-	-	-
2	82,6	4,8	5,3	-	-	1,0	3,5	2,8	-
3	50,7	6,6	4,9	15,8	3,7	15,8	-	-	2,5
4	6,2	4,1	5,7	4,9	3,1	71,1	-	2,2	2,7

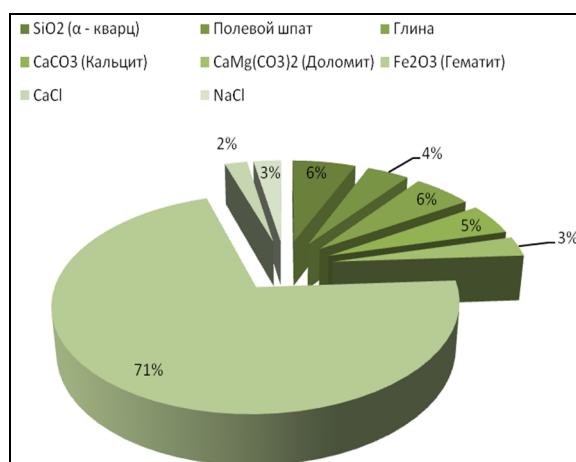
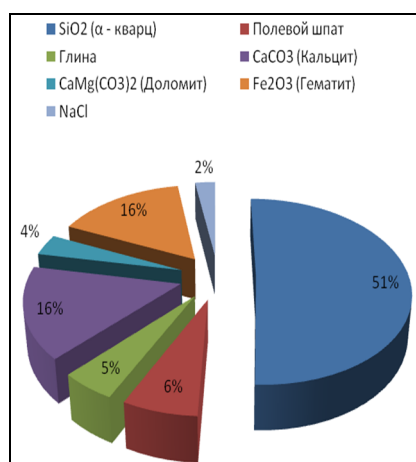
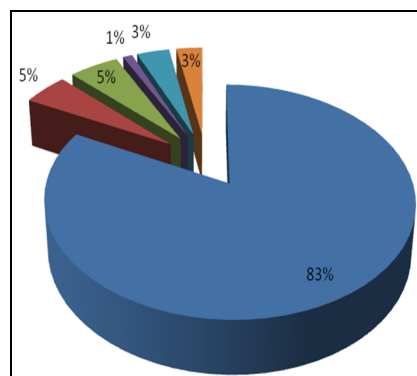
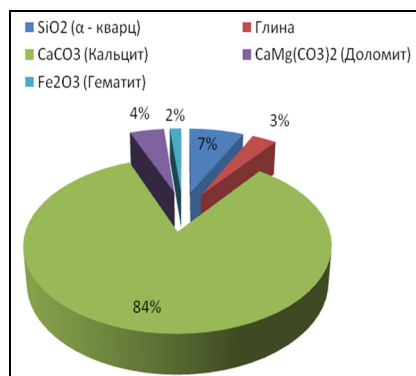


Рис. 3. Минералогический состав механических примесей

При выводе скважины в режим после глушения также возможно интенсивное солеобразование. В начальный момент вывода, при преобладании в смеси раствора глушения над пластовой водой, интенсивность осадкообразования небольшая. Увеличение содержания пластовой воды в смеси способствует осадкообразованию. При глушении скважины раствором хлористого кальция ее вывод в режим сопровождается интенсивным осадкообразованием, что обусловлено увеличением содержания в смеси ионов кальция и снижением содержания растворенного CO_2 . Осадкообразование будет протекать и при глушении скважин раствором хлористого натрия, хотя и менее интенсивно. В этом случае выпадение карбоната кальция связано только со снижением содержания растворенного в воде CO_2 (Чернова и др., 2007).

В настоящее время на рассматриваемом месторождении при глушении скважин применяют водный раствор хлорида кальция, для интенсификации притока и глубокой очистки призабойной зоны – раствор, насыщенный хлоридом натрия, гидрофобизаторы на основе хлорида – для облегчения плотности жидкости (последние 2 пробы взяты из тех скважин, в которых провели ремонт, поэтому, видимо, в них много хлоридов). Кроме того, к образованию хлоридов могут привести также и мероприятия, связанные с закачкой соляной кислоты при обработке призабойной зоны скважин.

Кислотные обработки под давлением способствуют созданию окислительной обстановки в удаленной от скважины части пласта. В сочетании с коррозионными процессами это усиливает процесс образования и осаждения на насосном оборудовании сложного продукта – шлама. На сегодняшний день по свидетельству литературных источников эффективных способов предотвращения такого типа загрязнений, включая применение противושламовых реагентов, нет.

Выводы

1. Исследуемые образцы проб, отобранных из разных месторождений и горизонтов, представлены различным составом. Так, в пробах, отобранных из горизонта Ю-1 месторождения Каракудук, невозможно указать на преимущественное наличие каких-либо соединений ввиду плавного, монотонного характера дифрактограмм. Анализ показывает в данном случае лишь наличие рентгеноаморфного вещества с достаточно большим количеством соединений железа.
2. Составы проб горизонтов Ю-1/Ю-2 (наличие хлоридов) хорошо согласуются с характером дефектов, обнаруженных на отдельных деталях насосов (механический износ, коррозия).
3. В целом, во всех проанализированных пробах наблюдаются твердые включения в объеме их осадков на рабочих органах ЭЦН, характеризующиеся сложным составом.
4. По своему составу и содержанию механические примеси наряду с другими факторами являются одними из главных причин изнашивания рабочих органов насосов. Необходимо регулярно проводить более расширенные комплексные исследования состава и свойств механических примесей с целью изучения их влияния на показатели надежности оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

- БАХТИЗИН, Р.Н., СМОЛЬНИКОВ, Р.Н. 2012. Особенности добычи нефти с высоким содержанием механических примесей. Электронный научный журнал *Нефтегазовое дело*, 5, 159-170.
- ИГНАТЬЕВ, М. 2011. Осложняющие осложнения. *Нефтегазовая вертикаль*, 13-14, Москва, 102-106.
- КОНОПЕЛЬКО, А.Ю., ОЛЬХОВСКАЯ, В.А., ПЕСКОВ, А.В., ГРИТЧИНА, В.В. 2009. Рентгеноструктурная диагностика и энергодисперсионный микроанализ неуглеводородных отложений в скважинном оборудовании. В *трудах VI Международной научно-практической конференции*. 14-16 октября. Нефтегазовые технологии. Самара. 175-179.
- ЧЕРНОВА, К.В., АПТЫКАЕВ, Г.А., ШАЙДАКОВ, В.В. 2007. Эксплуатация глубинных электроцентробежных насосных установок в условиях интенсивного солеотложения. *Современные наукоемкие технологии*, 10, Москва, 28-32.

Рецензент: д.т.н. И.А.Габибов