

К.А. ЖАЗЫКБАЕВ, Ш.К. КОДАНОВА

О ЭЛЕКТРООБРАБОТКЕ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА, СОДЕРЖАЩЕГО ПОГРЕБЕННУЮ ВОДУ

(Представлена академиком НАН РК Ф.К.Баимбетовым)

Химическое действие тока (электролиз) в нефтяных пластах происходит внутри пористой водонасыщенной системы, имеющей громадный объём и протяженность, находящиеся под действием высокого давления и температуры. Электролизу подвергается горная порода (твердый электролит) и насыщающие её жидкости (вода и углеводороды). Химические процессы сопровождаются как первичными, так и вторичными реакциями, причем роль последних сравнительно велика.

Если в электролит внести твердые проводящие электроды и подать на них напряжение, ионы электролита приходят в движения и возникает электрический ток. Положительно заряженные ионы (катионы) двигаются к отрицательному электроду (катоде), отрицательные ионы (анионы) двигаются к положительному электроду (аноду). Достигнув соответствующего электрода, ионы отдают ему избыточные или получают недостающие электроны и превращаются в нейтральные атомы или молекулы.

В зависимости от химической природы электролита и электродов, нейтрализовавшиеся ионы либо выделяются на электродах, либо вступают в реакцию с электродами или растворителем. Химические реакции, в которые вступают нейтрализовавшиеся ионы, образуют вторичные реакции. Продукты вторичных реакций выделяются на электродах или переходят в раствор.

Таким образом, прохождение тока через электролит сопровождается выделением на электродах составных частей электролита, в системе электроды-электролит происходит типичная окислительно-восстановительная реакция. На катоде происходит процесс восстановления - передачи электронов катиона из раствора, а на аноде происходит процесс окисления - отдача электронов анионами. Поэтому катод является восстановителем, анод - окислителем.

Как известно, минерализованные воды нефтяных месторождений относятся к типичным электролитам - водным растворам солей и по составу относятся к хлоркальциевым, хлормagneиным, гидрокарбонатнонатриевым и др. водам.

Нефть, состоящая, в основном, из смеси различных углеводородов, является диэлектриком. Однако, электропроводность пластовой нефти несколько отличается от электропроводности той же нефти на поверхности. В пластовых условиях нефть находится в равновесии с погребенной водой, частично насыщена влагой и газом.

Нефть-вода-газ в порах находятся в динамическом равновесии. Нефть, ввиду большого сопротивления, не поддается электролизу.

При электрообработке пластов происходит преобразование электрической энергии в тепло, которое сопровождается температурными изменениями, испарением и конденсацией влаги, химическими реакциями (электролиз), электроосмосом, электрофорезом и механическими деформациями скелета породы.

Законы преобразования электромагнитной энергии в тепловую и механическую описываются уравнением Умова-Пойтинга [1]:

$$t = \int (\bar{\epsilon} \times \bar{H}) ds = \int \left(\frac{\epsilon E^2}{2} + \frac{\mu H^2}{2} \right) dv + t \int \delta E^2 dV,$$

где t - продолжительность процесса электрообработки пласта; E - напряженность электрической составляющей электромагнитного поля; H - напряженность магнитной составляющей; ϵ - диэлектрическая проницаемость среды; μ - магнитная проницаемость среды; d - электропроводность среды.

Уравнение Умова-Пойтинга интерпретируется так: поток электромагнитной энергии $\int (\bar{\epsilon} \times \bar{H}) ds$, введенный в пласт, расходуется на

деформацию породы $\int \left(\frac{\varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu H^2}{2} \right) dV$ и на на-

гревание породы $t \int \delta E^2 dV$. Горная порода является своего рода преобразователем электромагнитной энергии в тепловую и механическую.

Джоулево-тепло, выделяемое при обработке пласта с постоянным током, определяется по формуле [2]:

$$Q = \delta E^2 V t.$$

При электрообработке пласта вокруг проводников с током возникает магнитное поле, которое действует на заряженные частицы и оказывает силовое воздействие на соседние проводники с током.

Частицы жидкости, находящиеся в низкопроницаемых прослоях, будут испытывать, кроме сил давления, действие электрических и магнитных сил. Электрический ток возбуждает магнитное поле, т.е. обладает намагничивающей силой, численно равной самой силе тока.

Магнитное поле действует на магнитные вещества, растворенные в жидком и твердом диэлектрике; последние намагничиваясь, усиливают магнитное поле. Особенно усиливается поле, когда содержатся ферромагнитные вещества и обуславливают дополнительные механические силы.

Таким образом, возникающие при электрообработке пластов магнитные и электрические

силы позволяют эффективно дренировать неоднородные пласты и извлечь остаточную нефть из неработающих прослоев.

Изучение влияния электрообработки нефтенасыщенной породы проводилось по схеме [3], приведенной на рис. 1.

Опыты проводились на модели пласта, набитого песком, с диаметром 0,5-1 мм и насыщенного нефтью удельного веса 870 кг/м³. Водонасыщенность пласта 30%; погребенная вода – пластовая, с минерализацией 120 г/л. Пористость пласта 30%, проницаемость 200 мД, длина модели 75 см, диаметр 3 см.

Нефтенасыщенная линейная модель пласта, оборудованная графитовыми электродами на обоих концах, подключалась к источнику постоянного тока.

Пласт подвергался электрообработке в течение 8 часов при напряжении 70 В. Сила тока составила в начале 30 мА, а в период опыта колебалась в пределах 25-35 мА.

Сопротивление пласта $K = (70/25) \cdot 10 = 28$ Ом; удельное сопротивление пласта 263 Ом·см (2,63 Ом·м).

Увеличение напряжения до 100-200 В не привело к существенному увеличению силы тока; величина тока при этом доходила до 40-50 мА.

В период электрообработки замечено газообразование в приэлектродных зонах, рост давления пласта, изменение цвета нефти, образова-

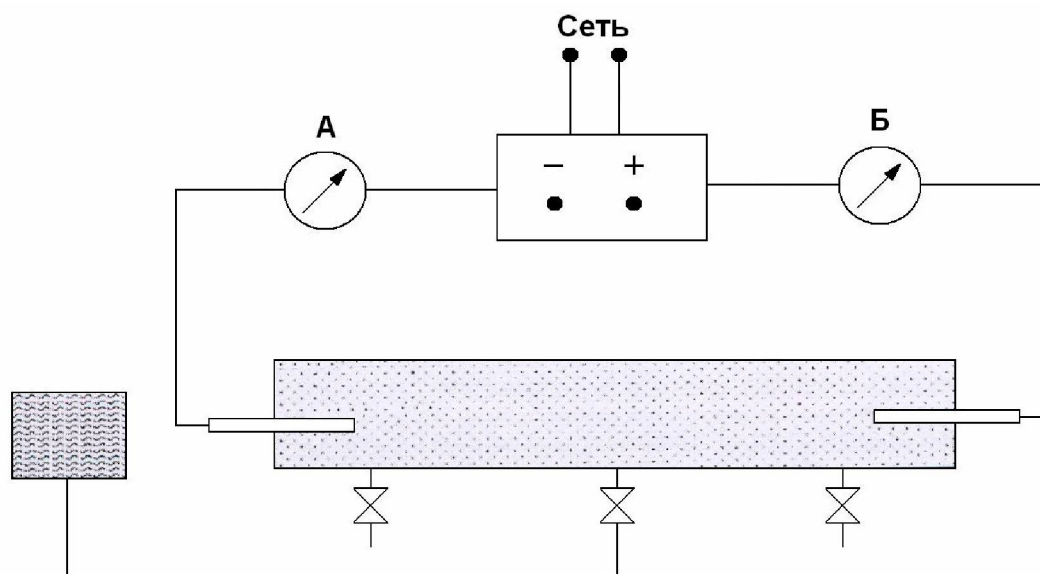


Рис. 1. Схема проведения электрообработки пласта

ние коричневатого налета на стенках стеклянной посуды. Вследствие газообразования ток практически не растет, сопротивление пласта со временем несколько увеличивается. Нагрев пласта в начале малозаметен; он заметен лишь в приэлектродных зонах (концевой тепловой эффект). С течением времени нагрев распространяется и на удаленные части пласта.

Хроматографически изучен состав выделяющегося газа в приэлектродных зонах. Получено, что катодный газ состоит из гомологов метана, водорода, анодный газ - из гомологов метана, углекислоты, хлора и кислорода.

В таблице 1 приведено изменение сопротивления чисто нефтяного пласта в начальные стадии нагрева при различных напряжениях. Падение сопротивления связано с ростом температуры пласта.

Таблица 1. Изменение сопротивления нефтяного пласта в начальные стадии нагрева при различных напряжениях

Время, мин.	Напряжение, В	Сила тока, мА	Сопротивление, Ом
0	100	16	6250
16	330	60	5500
20	360	68	5300
30	400	160	2500

Опыты многократно повторялись, они привели к подобным результатам.

Результаты опытов позволили сделать следующие выводы:

1) чисто нефтяные пласты, несмотря на наличие погребенной, минерализованной воды, имеют сравнительно высокое сопротивление. Удельное сопротивление чисто нефтяных пластов колеблется в пределах 2-10 Ом·м, оно, однако, на несколько порядков меньше, чем удельное сопротивление нефти и минералов, составляющих скелет породы. Следовательно, проводимость чисто нефтяного пласта обусловлена исключительно проводимостью электролита-погребенной минерализованной воды;

2) при напряжениях 50-220 В и более сила тока составляла 20-50 мА и ввиду малой проводимости пласта, заметного прогрева пласта в период опытов не отмечено. Нагреву подвергались, в основном, приэлектродные зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статическое электричество в химической промышленности. - М.: Химия, 1977. - 312 с.
2. Симкин Э.М. Роль электрокинетических явлений в процессах фильтрации // Нефтяное хозяйство, 1979. - №3. - с. 53-56.
3. Максимов М.И. Геологические основы разработки нефтяных месторождений. - М.: Недра, 1975.

Резюме

Қабат моделінде өткізілген электролиз тәжірибесі туралы жазылып, негізінен, мұнай қабатын электр тоғымен өңдеудің нәтижесі көрсетілген.

Summary

This work presents electrolysis experiment on the basis of layer model. Results of electrical current treatment of oil layer are shown.