

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 (твёрдый 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, хлормagneиновым, 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;  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды;  $\mu$  - 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/м<sup>3</sup>. 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-

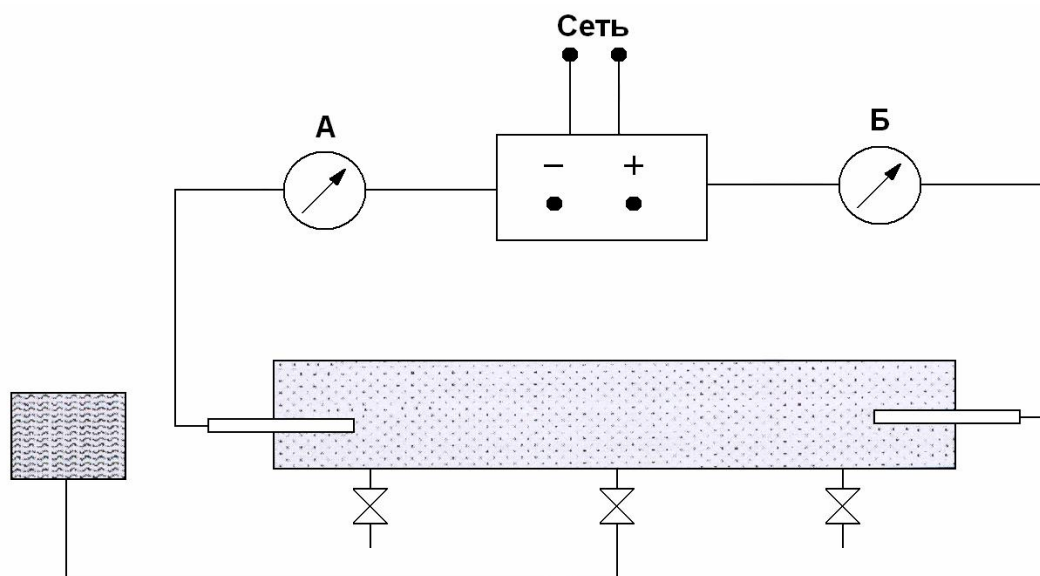


Рис. 1. Схема проведения электрообработки пласта

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.