ЭКОНОМИЧНЫЙ СПОСОБ НЕФТЕДОБЫЧИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

С.В.Колесник*¹, Е.С.Шаньгин²

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия;

²Нижевартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия

Economic Method of Oil Production Based on Electrophoresis

S.V.Kolesnik*¹, E.S.Shangin²

¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia;

²Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

Abstract

Electrophoresis can be considered as a fundamentally new method of lifting oil without the use of producing wells and mechanical devices, with the help of which it is supposed to organize oil extraction from explored fields with a reduction in its cost by 70-80%. The source of electricity for the implementation of the proposed method of oil recovery based on electrophoresis can be a method of autonomous generation of electricity based on atmospheric electricity. This method is based on the operation of a natural generator consisting of the Earth, the atmosphere, the ionosphere and the Earth's magnetic field. The proposed energy source is simple in design, convenient to use. As a result, the resulting energy is very cheap and environmentally friendly. The use of such an installation can be carried out in any area of the Earth.

Keywords:

Oil production;
Electrophoresis;
Electric field;
Atmospheric electricity;
Carbon;
The cost of lifting oil.

© 2021 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Нефть, также как доллар и золото, является одним из рычагов регулирования экономики. Чем больше страна способна добывать «чёрного золота», чем ниже себестоимость его добычи, тем выше возможности государства для создания процветающей экономики и на завоевание сильных позиций на мировом рынке.

На мировые цены на нефть, устанавливаемые ОПЕК, влиять довольно сложно, практически невозможно, поэтому единственным реальным способом увеличить доход от экспорта нефти, это уменьшить себестоимость её добычи.

Традиционно выделяют три основных способа эксплуатации скважин:

- фонтанный;
- газлифтный (компрессорный);
- насосный.

Методы, предполагающие использование внешнего источника мощности для поднятия жидкости на поверхность, носят общее название механизированная добыча.

Отечественная нефтяная промышленность потребляет 5.5% электроэнергии, вырабатываемой в стране, а в себестоимости добычи доля затрат на электроэнергию составляет 30–35%. Наиболее энергоёмкие сферы отрасли — добыча, ППД, подготовка и перекачка нефти — обладают наибольшим потенциалом для снижения энергозатрат [3].

Затраты в себестоимости добычи нефти распределяются следующим образом:

- стоимость энергии 30%;
- затраты на амортизацию оборудования 58%;
- зарплата 12%.

Учитывая такое распределение затрат, наиболее заметное снижение себестоимости добычи нефти может ожидать от сокращения величины энергопотребления и уменьшения стоимости нефтепромыслового оборудования.

Предлагается рассмотреть в контексте снижения себестоимости нефтеизвлечения способ безнасосного нефтеизвлечения.

Новым способом подъёма нефти без использования добывающих скважин и механических устройств может быть рассмотрен электрофорез, с помощью которого предполагается органи-

*E-mail: kolesniksv@bk.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP2021SI200567>

зовать нефтеизвлечение из разведанных месторождений со снижением его себестоимости на 70-80%.

Электрофорез (от электро- и др.-греч. *φορέω* — «переносу») — это электрокинетическое явление перемещения частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) в жидкой или газообразной среде под действием внешнего электрического поля. Впервые было открыто профессорами Московского университета П.И.Страховыми Ф.Ф.Рейссом в 1809 году и считается важнейшей разновидностью электрокинетических явлений.

Эффект электрофореза достаточно хорошо исследован [4, 5]. Основные понятия и соотношения этой теории можно положить в основу предложений для применения электрофореза в качестве фактора, позволяющего проводить нефтеизвлечение под действием разности потенциалов и без бурения продуктивных скважин.

Обратимся к истокам образования нефтяных залежей, в основе которых лежит круговорот углерода в природе.

Суммарное количество углекислого газа в атмосфере планеты составляет не менее $2.3 \cdot 10^{12}$ т, в то время как содержание его в мировом океане оценивается в $1.3 \cdot 10^{14}$ т, а в литосфере в связанном состоянии находится $2 \cdot 10^{17}$ т. углекислого газа. Ежегодно под землю транспортируется с водой и атмосферными газами не менее 400 млрд. тонн углерода, которые с течением времени становятся углеводородосодержащими энергоносителями (нефть, газ). Время подземного синтеза углеводородов составляет от 160 до 240 лет [6].

Проникновение углерода под землю происходит под постоянным воздействием земной гравитации. Для поднятия готового продукта подземного синтеза необходимо противопоставить гравитации силу, способную преодолеть её воздействие. Такой силой представляется взаимодействие электрических зарядов.

Полезно сопоставить силы гравитации и электричества.

Кулоновская сила, как и любая другая сила (например, гравитационная), подчиняется третьему закону Ньютона: силы взаимодействия между зарядами равны по величине и направлены противоположно друг другу вдоль прямой, соединяющей эти заряды. Определим соотношение кулоновской и гравитационной сил.

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг. Гравитационная постоянная

$G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Расстояние между протонами r , Å.

Сила электрического взаимодействия (отталкивания) двух протонов:

$$F_k = \frac{kl^2}{r^2}$$

а сила их гравитационного притяжения

$$F_g = \frac{Gm_p^2}{r^2}$$

Отношение этих сил:

$$\frac{F_k}{F_g} = \frac{kl^2}{Gm_p^2} = 1.24 \cdot 10^{36}$$

Из этого следует, что сила электростатического взаимодействия на много порядков больше силы гравитационного притяжения [5]. На основании этого можно сделать обоснованный вывод о возможности применения кулоновских сил для противодействия гравитации на залежи углеводородов.

Рассмотрим одну из возможных схем применения сил электрофореза для нефтеизвлечения (рис.1).

Наклонная скважина 1 служит для установки электрода 4 для контакта с водяным пластом 2. Над нефтяным пропластком 3 на поверхности строят бассейн для приёма нефти 5, на дне которого помещают верхний электрод 6, выполненный в виде сетки. На электроды 4 и 6 подаётся высоковольтное напряжение от источника 7.

При подаче разности потенциалов на электроды 4 и 6 между ними возникает электростатическое поле с напряжённостью, достаточной для преодоления гравитационных сил. Вода, как полярная жидкость, заряжается потенциалом электрода 4 и, имея хорошую проводимость, передаёт заряд нефтяному пропластку 3. Под действием кулоновской силы неполярные частицы нефти, преодолевая гравитацию и сопротивление грунта, устремляются к верхнему электроду 5, где отдают заряд и накапливаются в бассейне 5. Процесс электрофореза нефти осуществляется непрерывно, пока существует разность потенциалов между электродами 4 и 6.

Экспериментальная часть

Рис.1. Схема нефтеизвлечения с помощью электрофореза

1 - наклонная скважина; 2 - водяной пласт; 3 - нефтяной пропласток; 4 - нижний электрод; 5 - бассейн для приёма нефти; 6 - верхний электрод; 7 - источник электроэнергии

щих сил. Схема эксперимента представлена на рисунке 2.

В нижнюю часть стеклянной трубки 1 наливают воду 4 и нефть 3. Поверх них насыпают песок 2, который пропитывают минерализованной водой. Прибор готов к эксперименту.

После прохождения переменного тока через выпрямитель VD он превращается в разность потенциалов постоянного тока, подаваемого на делитель напряжения R, которым регулируется величина напряжения, подаваемого на электроды 5 и 6. Амперметром A контролируется величина тока, проходящего через наполнитель трубки 1. Регулируя напряжение делителем R, фиксируют величину тока I и скорость подъёма нефти под действием разности потенциалов между электродами 5 и 6.

Результаты проведённых экспериментов позволили сделать заключение о принципиальной возможности осуществления нефтеизвлечения методом электрофореза. Определена предельная величина плотности тока, проходящего через наполнитель стеклянной трубки 1 (рис.2). Его величина равна $\zeta = 0.25 \text{ mA/mm}^2$. Измерена скорость движения нефти под действием электрического поля. Его величина не превышает $S_n = 3.5 \text{ мм/с}$. Основные зависимости приведены на рисунках 3 и 4. Напряжённость электрического поля при максимальной скорости подъёма нефти можно оценить как $E = 1.2 \text{ В/см}$.

При определении реальных показателей напряжённости электрического поля, учитывая практически линейную зависимость скорости движения нефти от напряжённости электрического поля, можно сделать подсчёты требуемой разности потенциалов, например, для глубины залегания нефти 1000 м $E_n = 120 \text{ кВ}$ (рис.3, 4).

При величине тока $I < 0.1 \text{ А}$ потребляемая мощность не превысит $W = 12 \text{ кВт}$. При этом скорость подъёма нефти остаётся постоянной около $S_n = 12.6 \text{ м/час}$.

Себестоимость подъёма нефти приведёнными традиционными и инновационными способами в

режиме «liftup» представлена в таблице.

Способы нефтеизвлечения, отмеченные номерами 1÷4, наиболее часто используются на практике. Способы под номерами 5, 6, 7 и 8 проходят стадию лабораторных исследований.

Весьма актуальным является вопрос об источнике электроэнергии для осуществления предложенного способа электрофореза для нефтеизвлечения. Здесь можно предложить способ автономного получения электроэнергии на основе атмосферного электричества.

В основе этого способа лежит работа естественного генератора, состоящего из Земли, атмосферы, ионосферы и магнитного поля Земли. С точки зрения атмосферного электричества Земля – это сферический конденсатор, заряженный примерно до 300 тыс. вольт. Внутренняя сфера – поверхность планеты – заряжена отрицательно, внешняя – ионосфера – наоборот, положительно. Изолятором служит атмосфера Земли. Через неё постоянно протекают ионные и конвективные токи утечки, величина которых достигает многих тысяч ампер. Несмотря на это, разность потенциалов в этом конденсаторе не уменьшается. Это объясняется наличием генератора, который постоянно восполняет утечку зарядов. Таким генератором является магнитное поле Земли, которое вращается вместе с планетой в потоке солнечного ветра. Можно предположить возмож-

№	Способ подъёма нефти	Себестоимость подъёма нефти, долл. США /бар.
1	Фонтанный	1.6÷3.2
2	Газлифт	4.1÷5.0
3	Насосный ЭЦН	6.2÷7.4
4	Насосный СШН	5.6÷6.3
5	Гидролифт	0.4÷1.5
6	Калифт	3.2÷4.5
7	Термолифт	3.8÷5.1
8	Электрофорез	1.8÷2.5

Рис.3. Зависимость скорости подъёма нефти от разности потенциалов на электродах

Рис.4. Зависимость плотности тока в среде электрофореза от разности потенциалов на электродах

ность подключения к этому генератору и использования части конвективного потока атмосферного электричества для получения промышленной электроэнергии. Для её получения необходимо подключиться к отрицательному полюсу – заземлить мачту. Напряжённость электрического поля вблизи поверхности земли составляет примерно 150 В/м. С высотой она уменьшается приблизительно по закону экспоненты. Таким образом, почти всё электрическое поле сосредоточено у поверхности земли, в нижнем слое атмосферы. Вектор его напряжённости направлен вниз. Это электрическое поле действует на заряд с кулоновской силой, которая толкает положительные заряды к земле, а отрицательные – вверх, к ионосфере. Пределом движения электронов в заземлённой мачте под действием кулоновской силы

удаления электронов и создания предпосылок для получения тока.

К металлической мачте 1 (рис. 5) прикреплена пластина 2, на которой через изоляторы 3 закреплена площадка 4. На площадке 4 установлен эмиттер 5, выполненный в виде полусферического металлического корпуса, к которому крепятся несколько разрядников 6. Разрядник 6 содержит коническое сопло 7 с расположенной внутри него линейкой искровых разрядников 8, получающих поочередно высоковольтные импульсы от генератора 9. При пробое искрового промежутка между электродами и корпусом 7 вместе с искрой из металла выскакивает облако электронов проводимости, которое ускоряется последовательными искрами линейки 8 и с большой скоростью покидает сопло 7.

Так осуществляется экологически чистое использование атмосферного электричества для получения промышленной электроэнергии. Величину этой энергии можно представить следующим образом. Например, при высоте мачты $h = 10$ м, средняя напряжённость по высоте мачты $E_{cp} = 100$ В/м. Тогда разность потенциалов (ЭДС) между землёй и верхушкой мачты будет численно равна:

$$U = h \times E_{cp} = 10 \text{ м} \times 100 \text{ В/м} = 1000 \text{ В}$$

При рассеивании электронов эмиттером, например, с интенсивностью 10 Кл/с (10 А), мощность такой атмосферной электростанции будет равна 10 кВт.

Заключение

Предлагаемый источник энергии прост по конструкции, удобен в использовании. В результате получаемая энергия весьма дешева и экологически чиста. Использование такой установки можно осуществить в любой местности Земли.

Таким образом, можно сделать обоснованное заключение о возможности создания комплекса оборудования для автономного экономичного нефтеизвлечения в любом месте месторождений без привлечения дополнительной энергии из внешних источников.

Рис. 5. Автономная электрогенерирующая станция

- 1 - металлическая мачта; 2 - пластина; 3 - изолятор;
- 4 - площадка; 5 - эмиттер; 6 - разрядник;
- 7 - коническое сопло разрядника;
- 8 - линейка искровых разрядников;
- 9 - импульсный генератор;
- 10 - преобразователь-инвертор

Литература

1. Закиров, С. Н., Закиров, Э. С., Индрупский, И. М. (2016). О регламентирующих документах в нефтегазовом недропользовании. *Нефтяное хозяйство*, 10, 6-9.
2. Билибин, С. И., Дьяконова, Т. Ф., Исакова, Т. Г. и др. (2015). Алгоритмы определения подсчётных параметров отложений баженовской свиты по Салымской группе месторождений. *Научно-технический вестник НК Роснефть*, 2, 9-17.
3. Кройт, Г. (1955). Наука о коллоидах. Москва: Издательство иностранной литературы.
4. Духин, С. С., Дерягин, Б. В. (1976). Электрофорез. Москва: АН СССР, Институт физхимии.
5. Ньюмен, Дж. (1977). Электрохимические системы. Москва: Мир.
6. Вернадский, В. И. (1967). Биосфера. Москва: Мысль.
7. Шаньгин, Е. С. (2002). Способ добычи нефти и устройство для его осуществления. Патент РФ 2184838.

References

1. Zakirov, S. N., Zakirov, E. S., Indrupsky, I. M. (2016). On regulatory documents in oil and gas subsurface use. *Oil Industry*, 10, 6-9.
2. Bilibin, S. I., Dyakonova, T. F., Isakova, T. G., et al. (2015). Algorithms for determining the calculation parameters of deposits of the Bazhenov formation for the Salym group of deposits. *Scientific and Technical Bulletin of Rosneft Oil Company*, 2, 9-17.
3. Kroit, G. (1955). Science of colloids. Moscow: Izdatelstvo Inostrannoy Literatury.
4. Dukhin, S. S., Deryagin B. V. (1976). Electrophoresis. Moscow: AN SSSR, Institut fizhimii.
5. Newman, J. (1977). Electrochemical systems. Moscow: Mir.
6. Vernadsky, V. I. (1967). Biosphere. Moscow: Mysl.
7. Shangin, E. S. (2002). A method of oil production and a device for its implementation. RU Patent 2184838.

Экономичный способ нефтедобычи на основе электрофореза

С.В. Колесник¹, Е.С. Шаньгин²

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия;

²Нижевартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия

Реферат

Принципиально новым способом подъёма нефти без использования добывающих скважин и механических устройств может быть рассмотрен электрофорез, с помощью которого предполагается организовать нефтеизвлечение из разведанных месторождений со снижением его себестоимости на 70-80%. Источником электроэнергии, для осуществления предложенного способа нефтеизвлечения на основе электрофореза, может служить способ автономного получения электроэнергии на основе атмосферного электричества. В основе этого способа лежит работа естественного генератора, состоящего из Земли, атмосферы, ионосферы и магнитного поля Земли. Предлагаемый источник энергии прост по конструкции, удобен в использовании. В результате получаемая энергия весьма дешева и экологически чиста. Использование такой установки можно осуществить в любой местности Земли.

Ключевые слова: добыча нефти; электрофорез; электрическое поле; атмосферное электричество; углерод; себестоимость подъёма нефти.

Elektroforez əsasında əlverişli neft hasilatı üsulu

S.V. Kolesnik¹, E.S. Şanqin²

¹Tyumen Sənaye Universiteti, Tümen, Rusiya;

²Nijnevartovsk Dövlət Universiteti, Nijnevartovsk, Rusiya

Xülasə

Prinsip etibarilə neftin hasilat quyularından və mexaniki qurğulardan istifadə edilmədən çıxarılmasının yeni üsulu elektroforez hesab oluna bilər. Onun köməyi ilə kəşfiyyat aparılmış yataqlardan neftin maya dəyərini 70-80% aşağı salmaqla çıxarılmasını təşkil etmək nəzərdə tutulur. Neftin təklif olunan elektroforez əsasında çıxarılması metodunun həyata keçirilməsi üçün elektrik enerji mənbəyi kimi atmosfer elektrik enerjisi əsasında avtonom elektrik enerjisinin alınması üsulu xidmət göstərə bilər. Bu üsul Yer, atmosfer, ionosfer və Yerin maqnit sahəsindən ibarət təbii generatora əsaslanır. Təklif olunan enerji mənbəyi konstruksiya baxımından sadədir və istifadəsi asandır. Nəticədə, əldə edilən enerji çox ucuz və ekoloji cəhətdən təmiz olur. Belə bir qurğudan Yer kürəsinin istənilən hissəsində istifadə edilə bilər.

Açar sözlər: : neft hasilatı; elektroforez; elektrik sahəsi; atmosfer elektrik enerjisi; karbon; neftin qaldırılmasının maya dəyəri.