

УДК 622.06

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ДИПОЛЬНОГО СДВИГА ДЛЯ НАГРЕВА ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СКВАЖИННЫХ ФЛЮИДОВ

Усманова Л.З., Галимова А.А., Ашин М.С.

Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Октябрьский, e-mail: usliliana@mail.ru, galimova.95@mail.ru, michael_ash@mail.ru

Рассмотрены процессы образования асфальтеносмолопарафиновых отложений на стенках нефтяных скважин и краткий обзор тепловых способов борьбы с ними. Каждый из термических способов борьбы с отложениями обладает как рядом преимуществ, так и недостатками. Одними из наиболее существенных недостатков подобных способов являются ограничение по допустимой глубине нагнетания агента и отложение солей на рабочей поверхности нагревателя. С целью устранения последнего недостатка предложено производить нагрев пластовой жидкости, транспортируемой через скважину, используя эффект дипольного сдвига. Установлено, что повышение коэффициента полезного действия прибора связано с тем, что конструкция скважины включает металлические трубы, непроницаемые для электромагнитных волн частотой 2450 МГц, которые будут выступать в качестве так называемого волновода. Подобные нагреватели используются для подогрева воды в быту (СВЧ-печи), вследствие чего такой прибор скважинного исполнения может быть унифицирован с бытовыми, но большей мощности.

Ключевые слова: тепловой способ, эффект дипольного сдвига, диполь, нагреватель, нефтяная скважина

USING THE EFFECT OF THE DIPOLE SHEAR FOR HEATING WATER-BASED WELLBORE FLUIDS

Usmanova L.Z., Galimova A.A., Ashin M.S.

Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Oktyabrskiy,
e-mail: usliliana@mail.ru, galimova.95@mail.ru, michael_ash@mail.ru

In the article reviewed a process of deposition of heavy oil deposits on pipes in a well and short review of thermal methods of removing it. It is revealed, that all of thermal methods of removing heavy oil deposits have advantages and disadvantages. The most essential disadvantages are limit allowable depth of discharge agent and salt deposits on the surface of the device. It is suggested to heat well fluids using the effect of the dipole shear. The formation of salt deposits is not happening in this method. It is found that efficiency of the device increases because of metal pipes included in a well construction. Pipes are act as waveguide for 2450 MHz electromagnetic waves. Such heaters are used in everyday life, that's why it could be unified between themselves.

Keywords: thermal method, the effect of the dipole shear, the dipole, the heater, the oil well

В настоящее время экономическое развитие страны тесно связано с добываемым количеством нефти. Следовательно, требуется разработка новых нефтяных месторождений, часто в труднодоступных местах. Кроме того, в разработку все более широко вовлекаются трудноизвлекаемые запасы нефти, пролегающие в низкопроницаемых, слабодренлируемых, неоднородных и расчлененных коллекторах.

Поэтому основные проблемы, возникающие в процессе нефтедобычи, связаны с выпадением асфальтеносмолопарафиновых веществ в эксплуатационных скважинах и наземных коммуникациях. Это приводит к снижению дебита добывающих скважин, пропускной способности нефтепроводных коммуникаций и другим нежелательным последствиям [1].

В соответствии с [2], парафиновые отложения в нефтепромысловом оборудовании формируются в основном вследствие выпадения высокомолекулярных углеводородов при снижении температуры по-

тока нефти ниже температуры насыщения нефти парафином. Интенсивность парафинизации возрастает при снижении дебита скважин, обводненности добываемой продукции, небольшой разнице величин текущего пластового давления и давления насыщения нефти газом, высоких газовых факторах добываемой продукции, при наличии в геологическом разрезе слоев многолетнемерзлых пород, значительном содержании в нефти парафина, асфальтосмолистых веществ и церезинов, высокой температуре насыщения нефти парафином и плавления парафина [1].

Тепловые методы являются эффективным решением при осложнениях в процессе эксплуатации скважин, связанных с отложениями асфальтенов, смол, парафинов или газогидратов. Механизм их действия заключается в следующем: под действием повышенных температур отложения переходят в жидкую фазу и выносятся потоком добываемой нефти или используемого агента на поверхность [3].

На сегодняшний день известно несколько термических способов борьбы с асфальтеносмолопарафиновыми отложениями. Их можно разделить на две группы.

Первая группа способов основана на нагнетании в скважину теплоносителя. К ней относятся методы борьбы, заключающиеся в закачке или промывке скважины предварительно нагретыми газом или жидкостью. При этом могут использоваться следующие теплоносители: нефть, вода, горячий пар и реагенты, при взаимодействии которых протекает экзотермическая реакция.

Общим недостатком этой группы методов является ограничение по допустимой глубине нагнетания агента. Оно возникает из-за постепенного остывания рабочего тела. Поэтому нагнетание теплоносителя, как правило, производят на глубину не более 1200 м [3].

Вторая группа термических способов связана с использованием скважинных нагревателей различного принципа действия и конструкции. К таковым относят следующие устройства:

– электропечи – нагреватели, основанные на свойстве проводников нагреваться под действием протекающего по ним электрического тока;

– индукционные нагреватели, основанные на нагреве тел с помощью электромагнитной индукции [5].

Конструкции индукционных нагревателей и электропечей подразумевают наличие рабочей поверхности высокой температуры. Жидкость нагревается при контакте с данными поверхностями. Следствием этого является выпадение из пластовой воды солей и отложение их на поверхностях. Солеотложения выступают теплоизолятором между прибором и жидкостью, снижают эффективность нагрева и могут привести к выходу из строя нагревателей.

С целью устранения вышеуказанных недостатков рассмотрена возможность использования эффекта дипольного сдвига для подогрева скважинных флюидов.

Под диполем понимается электрически нейтральная молекула, в которой существует два точечных, противоположных по заряду, но равных по значению, электрических заряда, которые не совпадают друг с другом по расположению.

В таблице приведены примеры молекул-диполей и их дипольные моменты.

Наиболее распространенная среди них – молекула воды.

Известно, что в молекуле H_2O положительный заряд несут в себе атомы водорода, а отрицательный – атом кислорода. Благодаря такой структуре, молекула обладает

определенные свойства, не характерные для большинства других молекул. Одним из таких свойств является дипольный момент $\vec{P}$. Согласно работе [7], $\vec{P}$ – это произведение вектора $\vec{l}$, направленного от отрицательного заряда к положительному и равного по длине расстоянию между зарядами, на их абсолютную величину q (рисунок):

$$\vec{P} = q \cdot \vec{l}.$$

Молекулы-диполи
и их дипольные моменты [4]

Вещество	Химическая формула	Дипольный момент, ед. Дебая (D)
Оксид углерода	CO	0,10
Соляная кислота	HCl	1,03
Бромоводород	HBr	0,78
Йодоводород	HI	0,38
Вода	H_2O	1,84
Сероводород	H_2S	0,93
Диоксид серы	SO_2	1,61

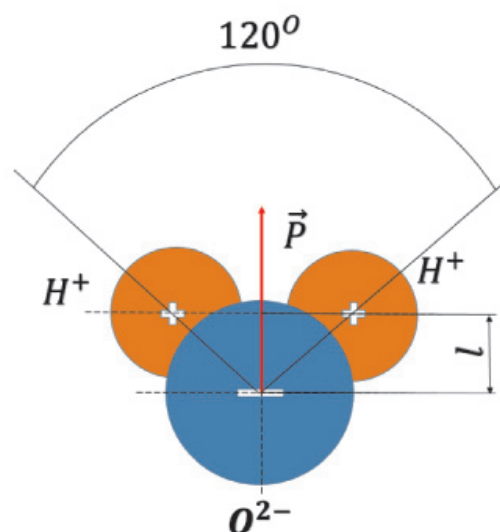


Схема действия дипольного момента
на примере молекулы H_2O

Во внешнем электрическом поле молекула-диполь ведет себя подобно стрелке компаса – стремится ориентироваться вдоль направления этого поля.

Также известным фактом является то, что тепловая энергия есть не что иное, как кинетическая энергия молекул и атомов, составляющих тело. Кинетическая энергия – это энергия колебательного, вращательного и поступательного движения. Из вышеизложенного следует, что благодаря свойству молекул-диполей изменять положение

под действием электрического поля возможно более эффективное превращение электрической энергии в тепловую энергию.

Предположение о том, что молекулы-диполи при взаимодействии с электрическим полем преобразуют энергию электромагнитных колебаний в тепловую, подтверждено и установлено авторами работы [7].

Данную способность молекул воды предлагается использовать для разогрева скважинных флюидов, содержащих воду. Молекулы H_2O под действием электромагнитных колебаний будут приобретать кинетическую энергию и передавать её другим молекулам в процессе теплового движения. Таким образом, флюид с содержанием воды будет интенсивнее нагреваться.

Так как молекулы воды равномерно распределены в объеме добываемой жидкости, то ее нагрев происходит по всему объему.

Следует учитывать, что для достижения наибольшего коэффициента полезного действия прибора необходимо установить частоту электромагнитных колебаний на таком уровне, чтобы молекулы воды за полупериод полностью ориентировались в электромагнитном поле. В этом случае кинетическая энергия не будет гаситься самим электромагнитным полем.

Поскольку вода – распространенное вещество, встречающееся во многих закачиваемых агентах, и практически всегда находится в добываемой нефти, частоту электромагнитных колебаний следует выбирать, исходя из свойств молекулы воды. Наиболее подходящая частота – около 2450 МГц. В качестве излучателя в нагревателе лучше использовать магнетрон. Этот выбор основан на том, что такие излучатели используются в бытовых приборах – СВЧ-печах, и начать производить магнетроны, предназначенные для нагрева скважинной продукции возможно по уже известной технологии.

Особенность микроволнового излучения состоит в том, что оно полностью поглощается и отражается металлом. Учитывая, что стенки скважины представляют собой эксплуатационную колонну, состоящую из металлических труб, излучение нагревателя полностью сосредоточено в скважине и не рассеивается в окружающей горной породе. Кроме того, колонна насосно-компрессорных труб или эксплуатационная колонна будут выступать волноводом в случае использования нагревателя внутри скважины.

К преимуществам нагревателей на основе дипольного сдвига относится то, что нагрев производится по всему объему, а не по рабочей поверхности прибора, как это происходит в электрических печах при резистивном нагреве. Электромагнитное излучение проникает вглубь жидкости и воздействует на молекулы воды, находящиеся на некотором удалении от прибора, таким образом более равномерно прогревая окружающую жидкость.

Нагреватель, механизм действия которого основан на эффекте дипольного сдвига, может быть использован для борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями. При нагреве парафиновые отложения на стенках скважины переходят в жидкую фазу и выносятся потоком нефти в устье скважины.

Следовательно, второе возможное применение – дополнительный нагрев на забое водосодержащих агентов, закачиваемых в пласт. При закачке теплоносителя на большую глубину возникает проблема его преждевременного остывания. В целях дополнительного нагрева возможно использование вышеописанного принципа [6].

Применение эффекта дипольного сдвига целесообразно при нагреве добываемой жидкости в скважине. Отличный от других нагревателей принцип действия позволяет получить ряд перечисленных выше преимуществ. К недостаткам такого термического способа борьбы с осложнениями можно отнести техническую сложность устройства, малоподходящую для жестких условий скважины, и необходимость наличия в перекачиваемой жидкости молекул-диполей в больших количествах.

Таким образом, эффект дипольного сдвига может найти применение не только в бытовой технике, но и в нефтяной промышленности. Несмотря на меньший коэффициент полезного действия, чем у традиционных резистивных электронагревателей, такой прибор будет лишен недостатка отложения солей на рабочей поверхности, который, как правило, приводит к снижению эффективности. Однако оценка эффективности использования эффекта дипольного сдвига в условиях скважины требует дополнительных лабораторных исследований.

Предложенный в статье способ, несомненно, требует дальнейшего исследования и апробации с целью последующего практического применения в нефтяной добывающей отрасли.

Список литературы

1. Акульшин А.И., Бойко В.С. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 1989. – 480 с.
2. Катаев А.В. Эффективная защита нефтепромыслового оборудования // Инженерная практика. – М.: Energy Press, 2013. – № 12. – С. 36–45.
3. Бурже Ж., Сурио П., Комбарну М. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1989. – 422 с.
4. Дебай П. Избранные труды. Статьи 1909–1965. – Л.: Наука, 1987. – 560 с.
5. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. – 653 с.
6. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти: учебник для вузов. – М.: Недра, 1983. – 510 с.
7. Herrero A.M., Kremsner J.M., Kappe O.C. Nonthermal Microwave Effects Revisited: On the Importance of Internal Temperature Monitoring and Agitation in Microwave Chemistry // J. Org. Chem. – 2008. – Vol. 73, № 1. – P. 36–48.

References

1. Akulshin A.I., Boyko V.S. Eksploatatsiya neftyanykh i gazovykh skvazhin [Exploitation of oil and gas wells]. Moscow, Nedra, 1989, 480 p.
2. Katayev A.V., Inzhenernaya praktika, 2013, no. 12, pp. 36–45.
3. Burzhe Zh., Surio P., Kombarnu M. Termicheskiye metody povysheniya nefteotdachi plastov [Thermal EOR methods]. Moscow, Nedra, 1989, 422 p.
4. Debye P. Izbrannyye trudy. Stati 1909–1965 [Selected Works. Articles 1909–1965]. Leningrad, Nauka, 1987, 560 p.
5. Persiyantsev M.N. Dobycha nefti v oslozhnennykh usloviyakh [Oil production in complicated conditions]. Moscow, Nedra-Biznestsentr, 2000, 653 p.
6. Schurov V.I. Tekhnologiya i tekhnika dobychi nefti: uchebnik dlya vuzov [Technology and equipment for oil production: the textbook for high schools]. Moscow, Nedra, 1983, 510 p.
7. Herrero A.M., Kremsner J.M., Kappe O.C., J. Org. Chem., 2008, vol. 73, no. 1, pp. 36–48.