

**СПОСОБ РАЗРАБОТКИ БИТУМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

THE METHOD OF ISOMETRIC SHAPE BITUMEN DEPOSITS DEVELOPMENT

В. А. Файзуллин, В. А. Соловьев, И. И. Хафизов

V. A. Faizullin, V. A. Soloviov, I. I. Khafizov

Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск

Ключевые слова: скважина; тепловой поток; теплопроводность; кольцевой профиль
Key words: well; heat flow; thermal conductivity; annular profile

Мировые ресурсы природного битума составляют более 250 млрд тонн, в Татарстане — около 7 млрд тонн, или 36 % от запасов России [1].

Эти уникальные по масштабам и составу углеводородные ресурсы сейчас почти не используются, хотя эти ресурсы — единственный замещающий ресурс убывающих запасов нефти в республике Татарстан.

Природный битум республики Татарстан невозможно разрабатывать, добывать, транспортировать традиционными методами. Многолетние усилия по рациональному освоению месторождений природного битума результатов практически не дали. Метод паротеплового воздействия на битумный пласт является основным при освоении трудноизвлекаемых запасов, к недостаткам которого можно отнести значительные теплотери, незначительную площадь охвата пласта и низкий коэффициент извлечения.

Одним из перспективных направлений развития термических методов добычи битумов является совершенствование скважинного теплового метода. Данный метод включает в себя определение теплофизических, петрографических и тектонических особенностей строения битумных месторождений, а также строительство специальных скважин с осушением добычной ячейки.

На кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» Альметьевского государственного нефтяного института предложен новый способ разработки битумных месторождений, который позволяет решить следующие задачи:

- создание способа эффективного вытеснения битума и увеличения извлекаемых запасов за счет стабилизации теплового воздействия на пласт;
- возможность контроля распределения теплоносителя в пласте и под пластом, а также за счет увеличения охвата пласта тепловым воздействием.

Поставленные задачи достигаются описываемым способом разработки битумных месторождений изометрической формы. Рассмотрим проведенные ниже исследования в данной области [2–4].

Относительно близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому способу является способ разработки трещиноватого нефтяного пласта [2]. Данный способ включает проходку горной выработки ниже нефтяного пласта, бурение из него пологовосстающих нагнетательных и добывающих скважин по нефтяному пласту, закачку в них пара и отбор нефти.

Однако эффективность вытеснения остается низкой из-за того, что процесс распределения теплоносителя в пласте является неконтролируемым, а осуществление способа требует больших материальных и энергетических затрат. Способ разработки трещиноватого нефтяного пласта отличается сложностью и трудоемкостью при использовании, при этом основным недостатком является невозможность его применения для залежей изометрической формы.

Наиболее близким техническим решением, принятым нами в качестве прототипов, является способ разработки битумного месторождения [3, 4].

Вышеуказанный способ предназначен для освоения битумных залежей, имеющих вытянутую морфогенетическую форму, с помощью тепловых скважинных методов. Разогрев пласта осуществляется посредством горизонтально-синусоидальной скважины по предварительно осушенному пласту. Осушение пласта от напорных подземных вод как технологическая операция всей методики разработки битумных залежей предложена впервые в мире. Такая операция позволит существенно уменьшить затраты теплоносителя, увеличить скорость и площадь нагрева пласта. Недостатком данного способа является то, что разогреву подвергаются недостаточно большие площади и объем разогреваемых участков пласта. Эта технология малоприменима для залежей изометрической формы.

В предлагаемом способе разработана теплофизическая модель тепломассопереноса в предварительно осушенном битумном пласте, что позволяет численно определить радиус и скорость разогрева битума морфогенетических типов битумных залежей изометрической формы [5].

Способ представляет собой законченную технологию бурения теплонагнетательных скважин кольцевого профиля и бурения вертикальной дренажно-добычной скважины. Эти объекты являются технико-технологическим обеспечением всей технологии освоения, где теплонагнетательная скважина кольцевого профиля является основой предлагаемого изобретения. Технология строительства теплонагнетательной скважины кольцевого профиля является самостоятельным патентносодержательным объектом.

Теплофизическая модель освоения состоит из двух разных процессов: тепломассопереноса за счет вынужденной конвекции из теплонагнетательной скважины кольцевого профиля; поршневого вытеснения битума и высоковязкой нефти перегретым паром высокого давления от периферии залежи к вертикальной дренажно-добычной скважине.

Кольцевой профиль теплонагнетательной скважины позволяет увеличить скорость продвижения теплоносителя и снижение величины тепловых потерь ориентировочно до 60 % за счет встречных тепловых потоков внутри кольца (рисунок).

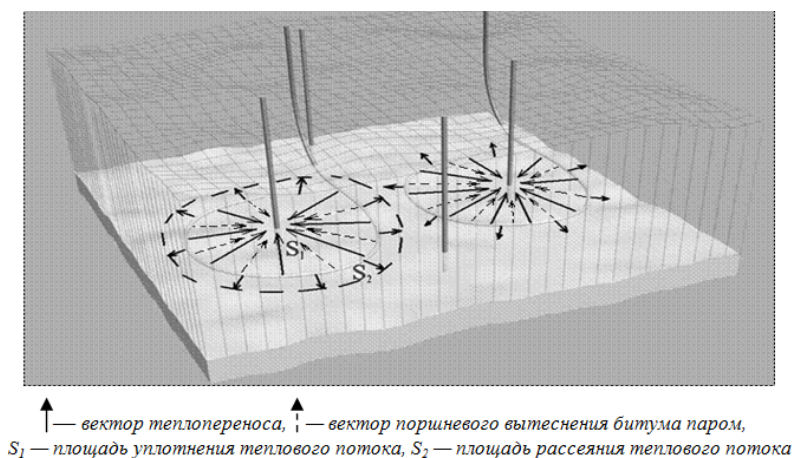


Рисунок. Схема теплонагнетательных скважин кольцевого профиля с вертикальной дренажно-добычной скважиной

При таком распределении теплотопоков плотность потока определяется по формуле

$$P = h \cdot (T_f - T_s),$$

где P — поток тепла через единицу площади или объем раздела фаз; h — коэффициент теплоотдачи; T_s — температура твердой фазы; T_f — температура течения жидкости.

Тепловой поток стремится к центру круга и вертикальной дренажно-добычной скважине. С продвижением теплового потока к центру он стремится к увеличению плотности, поскольку h — коэффициент теплоотдачи по всей площади круга существенно не меняется. Разность $(T_f - T_s)$ стремится к увеличению, следовательно увеличивается плотность теплового потока, что прямо пропорционально уменьшению радиуса круга и длины дуги каждого сектора. Вертикальной дисперсией теплотеперь можно пренебречь, поскольку деформация теплового потока идет по напластованию песчаника, то есть горизонтально, и градиент температур существенно больше вертикального. Кроме того, в кровле битумного пласта залегают глины с самыми малыми величинами теплопроводности, которые являются экраном тепловому, частично отражающему фронту, что в конечном счете увеличивает скорость прогрева пласта.

Время, необходимое для закачки в пласт расчетного объема пара, определяется радиусом прогрева, давлением нагнетателя и физическими параметрами пласта.

Ориентировочно радиус прогрева можно определить по формуле (потери теплоты в кровле пласта можно пренебречь):

$$r = \sqrt{\frac{Q_n \cdot C_p \cdot \tau}{\pi \cdot h \cdot i}},$$

где Q_n — объемный расход нагнетаемого в пласт пара, м³/ч; C_p — скрытая удельная теплота парообразования при давлении нагнетания, кДж/кг; τ — время, ч; h — толщина продуктивного пласта, м; i — удельное теплосодержание пласта в зоне пара при расчетном давлении, кДж/кг.

При изотермическом вытеснении нефти или битума паром влияние температуры на движение фронта теплообмена заключается:

- в предельном снижении вязкости и изменении подвижности битума и конденсированной воды с возможно минимальными затратами тепла;
- в тепловом расширении коллектора и заполняющей его жидкости;
- в изменении остаточной битумонасыщенности и относительной проницаемости.

Водяной пар, вытесняя нефть, стремится к продвижению в верхних областях пласта. Область, занятая паром, расширяется, оставляя внутри пласта малое количество нефти — битума. Такой процесс иногда называется «паровым поршнем» [6].

В основу технологии строительства добывающего элемента в центре круга строится скважина двойного назначения (вертикальная дренажно-добычная скважина) в одной обсадной колонне.

Технология работы вертикальной дренажно-добычной скважины. Установлено, что теплопроводность пластовой воды на порядок больше, чем у битума. При откачке водобитумной смеси вода (t — 7–8 °С) подходит к скважине на порядок быстрее, чем вязкий битум, поэтому пласт охлаждается за 25–30 часов. Бурение вертикальной дренажно-добычной скважины с последующим обезвоживанием пласта и созданием воронки депрессии радиусом, который равен радиусу изометрической залежи или больше него позволит разогреть битумный пласт с наибольшей скоро-

стью и с наименьшими теплотратами. Возможно применить для уменьшения адгезии битума и минералов коллектора нанотехнологии, что невозможно сделать в присутствии напорных вод.

Данный способ состоит из следующих этапов:

- бурение теплонагнетательной скважины кольцевого профиля или нескольких кольцевых скважин;
- строительство в центре кольца вертикальной дренажно-добывающей скважины (в одной обсадной колонне). Осушение битумной залежи ниже подошвы битумного пласта путем создания депрессионной воронки необходимого размера и площади;
- нагнетание теплоносителя и разогрев внутрикольцевого пространства битумной залежи изометрической формы;
- добыча разогретого битума из вертикальной дренажно-добывающей скважины.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что предложенный способ представляет собой законченную технологическую разработку по освоению залежей природного битума и высоковязкой нефти.

Список литературы

1. Гатина А. А., Ибрагимова А. Н. Экономическая обоснованность добычи битуминозной нефти в РТ. Материалы научной сессии студентов 25–29 марта 2013 г. Часть III. – Альметьевск: Типография АГНИ, 2013. – 300 с.
2. Рузин Л. М., Тюнькин Б. А., Пранович А. А., Питиримов В. В., Коржаков В. В., Груцкий Л. Г. Патент на изобретение № 2145664. Зарегистрировано в ГРИ РФ 20.02.2000.
3. Файзуллин В. А., Гатиятуллин Н. С., Илатовский В. В., Файзуллина Н. В. Патент на изобретение № 2225942. Зарегистрировано в ГРИ РФ 20.03.2004.
4. Файзуллина Н. В., Файзуллин В. А. Патент на изобретение № 2307926. Зарегистрировано в ГРИ РФ 10.10.2007.
5. Файзуллин В. А., Беляева Н. В., Хафизов И. И. Патент на изобретение № 2528760. Зарегистрировано в ГРИ РФ 24.07.2014.
6. Бурже Ж., Сурио П., Камбану М. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1988. – 424 с.
7. Файзуллин В. А., Беляева Н. В., Беляев А. С. Патент на изобретение № 2524705. Зарегистрировано в ГРИ РФ 10.08.2014.
8. Антониади Д. Г. Научные основы разработки нефтяных месторождений термическими методами. – М.: Недра, 1995. – 95 с.
9. Файзуллин В. А. Обоснование технологии строительства скважин для эффективной разработки изометрических залежей природного битума. Новые технологии в газовой промышленности. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2009.
10. Хузина Л. Б. Использование технологических решений при бурении горизонтальных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2006. – № 9.
11. Янтурин Р. А., Хузина Л. Б. Увеличение длины горизонтального участка ствола при бурении с использованием скважинных вибраторов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2006. – № 11.

Сведения об авторах

Файзуллин Вадим Абдулович, к. т. н., доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, тел. 8(8553)438835, e-mail: info@agni-rt.ru

Соловьев Валерий Алексеевич, старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, тел. 8(8553)438835, e-mail: info@agni-rt.ru

Хафизов Ильдар Ильгизарович, аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, e-mail: khafizildar@mail.ru

Information about the authors

Faizullin V. A., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the chair «Drilling of oil and gas wells», Almetievsk State Petroleum Institute, phone: 8(8553)438835, e-mail: info@agni-rt.ru

Soloviev V. A., senior lecturer of the chair «Drilling of oil and gas wells», Almetievsk State Petroleum Institute, phone: 8(8553)438835, e-mail: info@agni-rt.ru

Khafizov I. I., postgraduate of the chair «Drilling of oil and gas wells», Almetievsk State Petroleum Institute, e-mail: khafizildar@mail.ru