

**ХАРАКТЕРНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ЗАКАЧКИ ВОДЫ В ЗАЛЕЖИ ФУНДАМЕНТА  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БЕЛЫЙ ТИГР»**

**Нгуен Динь Тхинь**

Научный руководитель – профессор М.В. Коровкин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Месторождение «Белый Тигр» расположено на южном шельфе СР Вьетнама в блоке 09–1 в 120 км к юго–востоку от города–порта Вунгтау, основной производственно–технической и снабженческой базы СП «Вьетсовпетро».

Ниже приведены особенности процесса закачки воды в фундаменте месторождения «Белый Тигр».

**1. Процесс движения закачиваемой воды в фундамент с трещиноватыми коллекторами**

В зависимости от величины проницаемости и направления трещин ПЗС, вода будет распространена на окружающую зону быстро или медленно, во многих направлениях, или только в одном из нескольких направлений.

Для нефтяной залежи с трещиноватыми коллекторами в начале периода закачки вода имеет тенденцию к снижению, который представляется в малом количестве обводненных добывающих скважин, рабочий диапазон скважин находится довольно глубоко проникновения воды. Через некоторое время закачиваемая вода насыщает дно и потом медленно растет. Под сильным давлением насоса (может быть больше 650 атм в забое), встречаясь с узкими трещинами, имеющими хорошую проницаемость, воды будут отеснять нефти, поднимаются и образуют локальные языки обводнения. Во время движения, вода по соответственным трещинам пересекает интервалы между рабочими эксплуатационными скважинами и проникает в скважины [1].

На самом деле, время движения воды от нагнетательных скважин до добывающих скважин на залежи фундамента «Белый Тигр» составляет только около 2 лет. Однако, когда «канал подключенный», время движения воды от нагнетательной скважины до добывающей скважины очень короткое. Закачка воды, как правило, возникает внезапно с интенсивностью, отношение воды в продукции увеличивается в течение короткого времени (таблица).

*Таблица*

**Обводненности некоторых добывающих скважин в фундаменте месторождения Белый Тигр**

№ скв.	Добываемая вода(м <sup>3</sup> )	Обводненность (%)	Время (месяц)
X <sub>417</sub>	11,1 - 450	1 - 85	20
X <sub>430</sub>	85 – 313,9	9,5 – 48	3
X <sub>60</sub>	24,5 – 192,3	5,4 – 24,9	4
X <sub>409</sub>	Контроль низкого дебита	5,5 – 66,7	12

На залежи фундамента в месторождении «Юго-Восточной Дракон», только через 3 месяца после закачки воды в скважинах 14, вызвало наводнение в добывающей скв. 21 и должно остановиться. В месторождении «Черный Лев», закачка воды сделала обводненность некоторых добывающих скважин после всего лишь одного года [2].

Таким образом, движение закачиваемой воды на фундаменте с трещиноватыми коллекторами по принципу «плунжер» было достаточно быстрым, с большой скоростью, в любом направлении и возможно, обводнены огромные добывающие скважины.

**2. Механизм образования языков обводнения**

Многие исследования говорят, что закачиваемая вода двигается в нефтяном пласте по механизму «пальцами». Когда вода впрыскивается на залежи фундамента с трещиноватыми коллекторами, в ПЗС возникает кольматация (механическое осаждение частиц в поровом пространстве, вызывающее снижение фильтрационных характеристик водовмещающих пород) объем нагнетания воды увеличивается со временем, создавая области высокого давления, чтобы подтолкнуть воду во многие направления. Под действием высокого давления и в связи с подвижным характером воды, когда она встретится с некоторыми трещинами, имеющими большую проницаемость, вода будет двигаться быстрее, произойдет подъем и формирования языков обводнения. Поскольку вода впрыскивается непрерывно в течение долгого времени, постепенно увеличивается объем перекачиваемой воды, язык обводнения, образующийся в начальном моменте будет погружаться в расширение объема промежуточной воды. Объем прокладочной воды повышается, поверхность прокладочной воды набухает и встречается с другими трещинами, имеющими хорошую проницаемость, создается новый язык обводнения.

Процесс формирования и потопление языков обводнения проходили непрерывно, с различными уровнями в самой залежи, под воздействием закачиваемой воды. Это механизм формирования и потопление языков обводнения в фундаменте с трещиноватыми коллекторами.

Добыча нефти под действием краевых вод в фундаменте с трещиноватыми коллекторами, в соответствии с этим механизмом, но на гораздо более низких уровнях, потому что перепад давления между добывающими скважинами и краями часто не очень большой.

**3. Определение времени закачки воды**

Состояние пластового давления резко упало, когда добывающие скважины вступили в эксплуатацию и началась обводненность вскоре после закачки воды на месторождении. Поэтому надо выяснить и определить правильное время с рациональным объемом закачки воды.

Поскольку трещиноватые породы имеют необратимый характер и предпочитают держать пластовое давление, должны быть нагнетены воды больше чем получаемая жидкость.

Результаты мониторинга процесса закачки воды в фундаменте месторождения «Белый Тигр», месторождение «Юго-Восточной Дракон», месторождение «Черный Лев» показали, что должно быть сделано ранее нагнетание, с небольшим объемом, невысоким темпом, что поможет поддержать пластовое давление стабильно,

пластовое давление будет снижаться медленно и вызывать мало обводненности. Масштаб нагнетаемой воды увеличится, в соответствии с объемом добытой нефти, будет обеспечена стабильная добыча.

Для месторождений с очень низкой пластовой энергией, на одном уровне с гидростатическим давлением, как месторождения «Южной Дракон» и «Черепаша», где активные пластовая вода и краевая вода, со многими добывающими скважинами были погружены без закачки, может применяться метод "запечатанная закачка", чтобы улучшить пластовое давление до требуемого уровня и немедленно осуществить на ранней стадии, когда месторождение вступило в эксплуатацию.

#### 4. Контроль пластового давления в фундаменте с трещиноватыми коллекторами

Может применяться метод последовательно приближенный для определения среднего пластового давления залежи. Метод построен на основе уравнения материального баланса (1), между общим количеством нефти, добывающими водами и общей закачки воды в пластовых условиях. Для выполнения расчета, измеряемое значение начального пластового давления должно быть достаточно надежным выбором (выберем значения давления пласта в скважине с интенсивным движением, долгим временем закрытия скважины и быстрым восстановлением). Блок-схема расчетов по последовательному приближенному методу показан на рисунке [3].

Уравнение материального баланса записывается в виде:

$$\Delta P_i = \frac{\sum_{n=1}^n (Q_n \cdot b_n + Q_{\text{наг}} \cdot b'_n) - \sum_{v=1}^n Q_{\text{извл}} \cdot b_v}{V_o \cdot \beta_i^*} \quad (1)$$

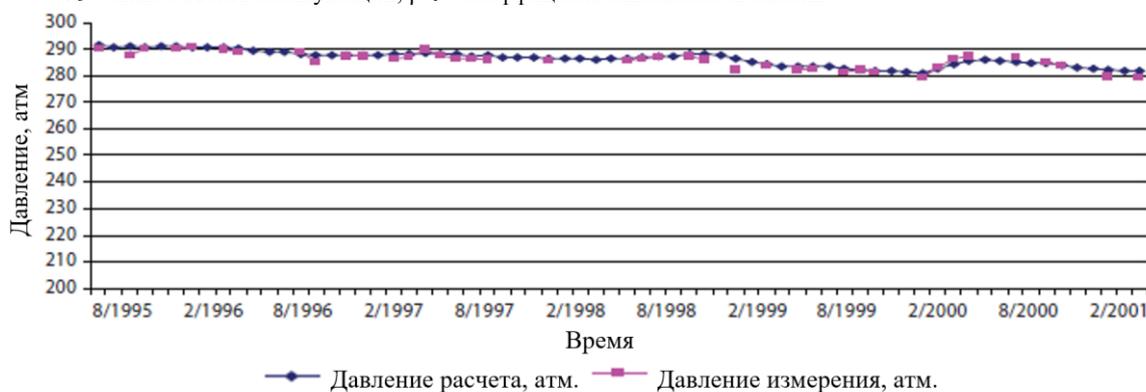
где  $\Delta P_i = P(0) - P_i(t_i)$ ,  $t_0 > 0$ ;  $P(0) = P_0(\text{atm})$  – начальное среднее пластовое давление в абс. глубине –  $H_0$ , м;

$P(t_i)$  – среднее пластовое давление в моменте времени  $t_i$ ;

$Q_n$ ,  $Q_v$ ,  $Q_{\text{наг}}$  – извлечения нефти, воды и закачка воды в моменте  $t_i$ ;

$b_n$ ,  $b'_v$ ,  $b_v$  – объемные коэффициенты нефтей в пластовом давлении условиях;

$V_o$  – запас объекта эксплуатации;  $\beta_i^*$  – коэффициент сжимаемости залежи.



**Рис. Сравнение пластового давления по расчетам и фактическому измерению в Центральном блоке фундамента месторождения Белый Тигр**

Метод последовательных приближений применен для вычисления среднего пластового давления центрального блока фундамента месторождения Белый Тигр. Рассчитанные результаты полностью совпадают с измерением фактического давления пласта (рисунок 1). Преимущества метода – это способность контролировать среднее давление пласта в любое время, быстрое время расчета, что позволяет предварительно определить значения давления в будущем, помочь проверить правильность результатов измерений в скважинах, дополнить значения среднего пластового давления в момент никаких измерений или когда колодцы не разделены. Метод контроля пластового давления в фундаменте с трещиноватыми коллекторами был отмечен как инновация и автор был награжден из СП "Вьетсовпетро".

#### Литература

1. Фам Куанг Нгок. Резкий подъем языков воды в залежи нефти фундамента месторождения Белый Тигр / IV Всероссийская научно-практическая конференция. Добыча, подготовка, транспорта нефти и газа Томск, 2007. – С. 33–41.
2. Чан Сюань Ван и др. Влияние изменения содержания воды продукции на производительности эксплуатации месторождения «Черный Лев». / Нефтяное хозяйство, 2013. –№6. –С. 15.
3. НИПИ морнефтегаз. Адаптация и внедрение новых технологий увеличения нефтеотды и интенсификации разработки на месторождениях СП Вьетсовпетро, Вунгтау, 2004.