

**Перспективные проектные решения
для разработки трудноизвлекаемых
запасов нефти месторождений
Западной Сибири**

И.С. Соколов¹,
А.А. Задворнов¹

¹Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»
«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени

Адреса для связи: SokolovIS@tmn.lukoil.com

ZadvornovAA@tmn.lukoil.com

Ключевые слова: горизонтальная скважина, многозонный гидроразрыв пласта, сверхнизкопроницаемые коллекторы, месторождение нефти, трещиноватый коллектор, поддержание пластового давления, нефтяное месторождение, залежь нефти

В статье рассмотрены технологии и проектные решения, позволяющих экономически эффективно разрабатывать сверхнизкопроницаемые коллекторы. Эти объекты разрабатываются исключительно с применением ГРП во всех категориях скважин. Под действием техногенных факторов меняются изначальные геомеханические, фильтрационно-емкостные свойства пластов, тип коллектора из преимущественного порового преобразуется в порово-трещинный. При проектировании разработки данный фактор должен учитываться. Приведены примеры по объектам месторождений Западной Сибири.

**Progressive solutions for oil production
at HTR reserves on fields of West
Siberia**

I.S. Sokolov¹
A.A. Zadvornov¹

¹LUKOIL-Engineering Limited KogalymNIPIneft
Branch Office in Tyumen

E-mail: SokolovIS@tmn.lukoil.com

ZadvornovAA@tmn.lukoil.com

Keywords: horizontal well, multi-zone hydraulic fracturing, ultra-low-permeability reservoirs, oil field, fractured reservoir, maintaining reservoir pressure, oil deposit

The article is devoted to the issue of technologies and design solutions that allow cost-effective development of ultra-low-permeability reservoirs. The development of such reservoirs is carried out exclusively with the use of hydraulic fracturing in horizontal and directional wells. Under the influence of technogenic factors, the initial state of the geological object changes. Porous reservoir transforms into a fractured reservoir. This factor must be considered. Examples are given in the oil fields of Western Siberia

В настоящее время термин «трудноизвлекаемые запасы» с ТРИЗ используется достаточно широко. В российской нормативно-правовой базе и специальной литературе нет единого определения и терминологии в отношении (ТРИЗ) запасов нефти. Нет консенсуса с определением ТРИЗ и в глобальном масштабе.

В данной статье воспользуемся определением из приказа Министерства природных ресурсов РФ от 1998 г. «Трудноизвлекаемыми следует считать запасы, экономически эффективная (рентабельная) разработка которых может осуществляться только с применением методов и технологий, требующих повышенных капиталовложений и эксплуатационных затрат по сравнению с традиционно используемыми способами».

В статье рассмотрены технологии и проектные решения, позволяющие экономически эффективно разрабатывать ТРИЗ, приуроченные к сверхнизкопроницаемым коллекторам ($2 \cdot 10^{-3} \text{мкм}^2$), выделенным в самостоятельную группу залежей УВС в Федеральном законе №213-ФЗ от 23.07.2013 г.

Эти объекты разрабатываются исключительно с применением систематического, в том числе многозонного ГРП во всех категориях скважин. Без ГРП невозможны не только отбор и закачка флюида, но и проведение информативных ГДИ. Очевидно, что обоснование системы разработки по сверхнизкопроницаемым коллекторам требует отдельного подхода.

Согласно действующим регламентирующим документам система разработки в проектном документе на разработку месторождения выражается путем вариантных расчетов на гидродинамической модели (ГДМ). Данная модель является детерминированной и соответствует текущему представлению о начальном состоянии объекта проектирования.

С учетом обоснованного на ГДМ механизма выработки запасов обосновываются геометрия размещения и плотность сетки скважин, обеспечивается равномерность воздействия на пласт, предусматривается возможность дальнейшего управления разработкой объектов, в том числе за счет усиления и трансформации системы разработки: переход на блочно-замкнутые, однорядные, очагово-избирательные и другие системы разработки.

Уже на этапе первоначального проектирования для корректного обоснования системы разработки залежи, кроме начального состояния геологического объекта, необходимо учитывать техногенные изменения, происходящие в условиях системного ГРП в добывающих и нагнетательных скважинах, а также репрессий при закачке рабочего агента, превышающих порог прочности пород на разрыв (эффект автоГРП).

Под действием данных техногенных факторов меняются начальные геомеханические, фильтрационно-емкостные свойства пласта, тип коллектора из преимущественного порового преобразуется в порово-трещинный. Соответственно основное направление движения пластового флюида определяется организованной сетью каналов (трещин) с низким фильтрационным сопротивлением (НФС).

Очевидно, что созданная таким образом техногенная система каналов НФС не должна иметь случайный характер. Необходимо одновременно с обоснованием плотности сетки и системы размещения добывающих и нагнетательных скважин планировать организованную схему каналов НФС для их последующего использования в качестве элемента системы разработки. Для

этого на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» применяются специальные акустические методы, микросейсмический мониторинг в «пилотных» скважинах, что позволяет уточнить направление развития трещин ГРП, а ретроспективный анализ закачки и обводнения скважин в комплексе с трассерными и гидродинамическими исследованиями дают представление о системе трещин автоГРП и необходимых давлениях и объемах закачки.

Обоснование системы разработки для сверхнизкопроницаемого коллектора ведется с применением трехмерных гидродинамических симуляторов, в которых должны моделироваться фильтрационные процессы, протекающие в смешанной сети трещин природного и техногенного происхождения.

Инструментарий современных гидродинамических симуляторов позволяет имитировать систему каналов НФС (трещин ГРП и автоГРП), при этом отдельной проработки требуют вопросы обеспечения исходными данными, методики их использования в симуляторе, а также верификации полученных результатов.

Текущий «прорыв» в разработке сверхнизкопроницаемых коллекторов ТРИЗ связан с бурным развитием технологий ГРП и МГРП в горизонтальных скважинах. Следующим «прорывным» мероприятием, направленным, в том числе, на увеличение конечного коэффициента извлечения нефти, может стать управление организованной системой каналов НФС.

В качестве примера эффективного применения горизонтальных скважин (ГС) с МГРП и организации адаптивной системы разработки можно привести Северо-Покачевское (объект ЮС₁), Тевлинско-Русскинское (ЮС₂), Кочевское (ЮС₁) месторождения.

Северо-Покачевское месторождение введено в разработку в 1995 г. Объект ЮВ₁ на месторождении является основным по запасам, при этом его западная часть с худшими коллекторскими свойствами ($k_{пр.} < 2 \cdot 10^{-2}$ мкм²) была введена в разработку бурением ГС с МГРП только с 2012 г. Активное разбуривание объекта по регулярной системе разработки начато в 2014 г. В 2014 г. на основе серии опытных работ на объекте начато бурение протяженных ГС (до 1300 м) с ориентацией горизонтальных стволов вдоль направления «регионального стресса», реализацией однорядной системы разработки наклоннонаправленными нагнетательными скважинами, при устьевом давлении 19-20 МПа (рис. 1, а).

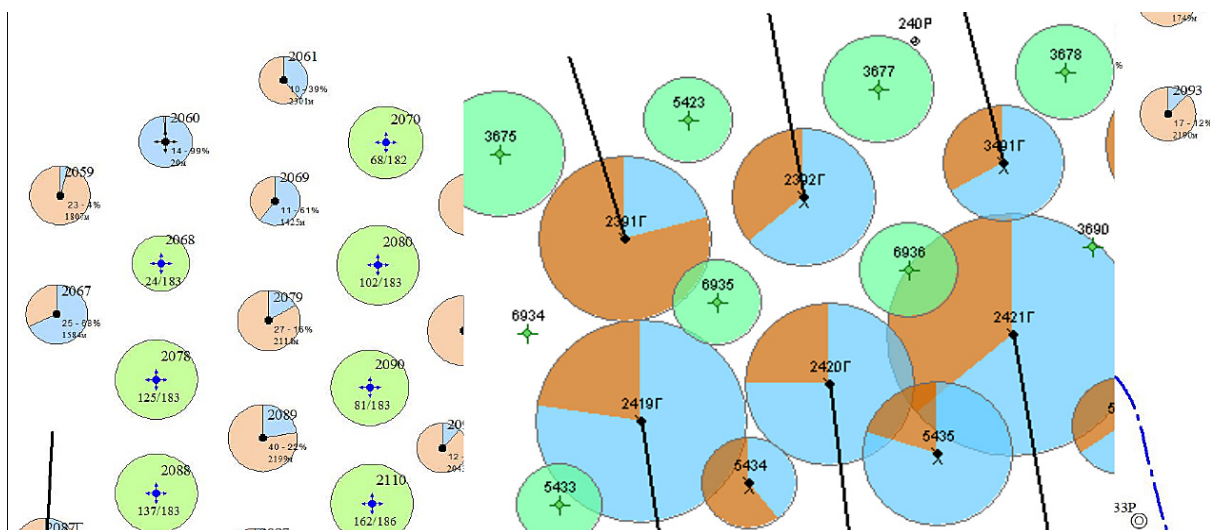


Рис. 1. Фрагмент карты текущего состояния разработки объект ЮВ₁ Северо-Поточного, (а) и ЮС₂ Тевлинско-Русскинского (б) месторождения

В результате увеличения протяженности ГС и числа стадий ГРП от 3-5 до 8-12, изменения ориентации стволов – вдоль «стресса» при одновременном сближении зон закачки и отбора до 420 м удалось обеспечить рентабельное запускные дебиты и их поддержание на уровне, а также предотвратить опережающее обводнение по трещинам ГРП.

По участку залежи, разбуренному данной системой, достигнуты следующие технологические показатели: введены 22 ГС с МГРП, текущий отбор по ГС – 36,6 тыс. т при текущей обводненности продукции – 60,7 %. Накопленный водонефтяной фактор (ВНФ) – 0,96.

Таким образом, проектные решения по увеличению протяженности ГС и числа стадий ГРП, сближению зон закачки отбора при разреженном расстоянии по нагнетательному ряду позволили обеспечить экономически эффективную разработку объекта.

Тевлинско-Русскинское месторождение является уникальным по объему извлекаемых запасов, при этом на сегодняшний день основной объем потенциального эксплуатационного бурения сосредоточен на объекте ЮС₂. К проблематике данного объекта, помимо сверхнизкой проницаемости ($k_{\text{тр}} < 2 \cdot 10^{-3}$ мкм²), можно отнести наличие водонасыщенного объекта ЮС₃, что требует учета при разработке дизайнов ГРП, высоты трещины.

По данным серии опытных работ по объекту запроектирована и реализуется однорядная система разработки, ориентированная вдоль

направления регионального стресса, с протяженностью ГС 650 м (пять стадий ГРП). Расстояние между рядами закачки и отбора - 325 м, между скважинами в ряду - 650 м (рис. 1, б), давление нагнетания равно 20 МПа.

Разворот ГС с МГРП вдоль линии регионального стресса позволил увеличить запускные дебиты скважин и предотвратить опережающие обводнение. В настоящее время по данной системе разработки введены 37 ГС с МГРП с текущим отбором -15 тыс. т на скважину, при обводненности – 79,8 %. Накопленный ВНФ равен 2.9. Высокая обводненность по ряду скважин обусловлена технологически неуспешными операциями ГРП, по которым спровоцирован прорыв трещин ГРП в водонасыщенный пласт ЮС₃.

Кочевское месторождение разрабатывается с 1996 г. Разработка объекта ЮС₁ начата в 2012 г., реализация адаптированной с учетом особенностей вовлечения сверхнизкопроницаемых коллекторов системы разработки начата в 2016 г. ГС с МГРП были ориентированы вдоль регионального стресса, система разработки - обращенная девятиточечная с переходом на однорядную.

Текущий отбор по семи ГС с МГРП, с более чем трехлетним периодом эксплуатации, составляет 18.6 тыс. т при обводненности - 40 %. Накопленный ВНФ равен 0,46. Эксплуатационное бурение продолжается, всего в рамках данной системы разработки пробурено уже 26 горизонтальных скважин с проведением пятizonного ГРП.

Таким образом, для выделенной категории ТРИЗ можно говорить об успешном внедрении технологий строительства и заканчивания скважин, адаптированных к пластовым условиям и техногенноизмененной структуре порового пространства систем разработки, что позволило перевести данные запасы из категории ТРИЗ в активные эксплуатируемые.

Список литературы

1. Янин А.Н. Гидроразрыв пласта – прорывная технология! К 30-летию начала массового применения ГРП на месторождениях Западной Сибири» // Бурение и нефть – 2018 - № 7-8. - С 20-27.
2. Байков В.А, Жданов Р.М. Муллагалиев Т.И. Выбор оптимальной системы разработки для месторождений с низкопроницаемыми коллекторами // «Нефтегазовое дело, - 2011 - №1 С. 84-98

3. *Веремко Н.А, Шаламова В.И, Шкандратов В.В.* Опыт применения многозонных ГРП в горизонтальных скважинах // Вестник ЦКР Роснедра. - 2012. - №4. - С. 9-14.