

## **ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ И ПРОБЛЕМА ЗАВОДНЕНИЯ**

Н.М. Трунов, А.М. Никаноров, М.Г. Тарасов  
Гидрохимический институт, НПП «Сирена-2», e-mail: [ntrunov@mail.ru](mailto:ntrunov@mail.ru)

В настоящее время в теории и практике нефтедобычи приняты основные концепции повышения степени извлечения нефти из недр. В основе всех подходов используются различные методы воздействия на продуктивные пласты: гидродинамические, физические, химические, физико-химические, тепловые, водогазовые, вибро- и химико-сейсмические, микробиологические и т.п. При этом на современном этапе ведущая роль отводится гидродинамическим методам регулирования разработки нефтенасыщенных пластов. В первую очередь имеются в виду методы заводнения, основанные на поддержании и восстановлении давления пластовых вод для вытеснения нефти из пласта путем закачки внешней воды. Главными достоинствами этих методов являются возможность поддержания высокого пластового давления, сохранение повышенных дебитов скважин, достижение значительных темпов выработки месторождений при сравнительно высоких коэффициентах нефтеотдачи пластов, эффективность использования закачиваемой воды и т.п. Значение методов заводнения возрастает по мере того, как иссякают основные, эксплуатируемые в настоящее время месторождения и в общем балансе нефтедобычи повышается роль трудноизвлекаемых запасов нефти. Эти методы, отличающиеся большим разнообразием по технологии воздействия на пласты и степенью влияния на технико-экономические показатели разработки, широко апробированы и являются наиболее востребованными. В настоящее время в России и странах СНГ методами заводнения пластов добывается около 90% всех запасов нефти, и интерес к ним в Российской Федерации и во всем мире с каждым годом растет. Объясняется это не только теми выгодами, которые дают практике методы заводнения пластов, но и множеством малоисследованных эффектов, проявляющихся при заводнении анизотропных коллекторов. Как известно, в этом случае процессы нагнетания воды в продуктивные пласты идут практически вслепую по направлениям наименьшего гидравлического сопротивления, что приводит к неизбежному увеличению флюидопроводимости пласта по наиболее легко промываемым направлениям. В зонах нагнетания по этим направлениям происходит резкое возрастание скоростей движения подземных вод, приводящее в конце концов к преждевременному прорыву воды к

добывающим скважинам. Следствием этого является низкий охват пласта заводнением, непродуктивная перекачка огромных объемов воды, которая, двигаясь по уже промытым каналам, не совершает полезной работы по продвижению нефти к забоям добывающих скважин, которые окончательно обводняются (зачастую полностью), в то время как еще большая часть продуктивного горизонта остается невыработанной. Единственный способ избежать подобного развития событий заключается в выравнивании фронта нагнетания воды по мощности пласта (профилю приемистости) путем регулирования процесса заводнения.

Увеличение охвата не вовлеченных в разработку участков коллекторов за счет гидравлического регулирования давлений и дебитов нагнетательных скважин может существенно повысить степень выработки запасов углеводородов. При этом регулирование процессов нагнетания закачиваемых внешних вод можно обеспечить на основе детального изучения геологического строения и фильтрационной неоднородности межскважинного пространства продуктивных коллекторов. Это позволяет прогнозировать и предупреждать формирование участков пласта, не охваченных процессом вытеснения нефти, и зон опережающего обводнения пласта по высокопроницаемым пропласткам в техногенно измененных коллекторах.

Одним из немногочисленных методов изучения фильтрационной неоднородности межскважинного пространства является индикаторный (трассерный) метод, основанный на использовании маркирующих веществ (трассеров). Применение этого метода дает возможность определить истинную скорость и направление движения пластовых жидкостей и нагнетаемой в залежи воды, распределение потоков по пластам и между отдельными скважинами и источниками их обводнения, гидродинамическую связь по площади и разрезу залежей, эффективность процесса вытеснения нефти, степень влияния на него отдельных скважин и режима их дренирования и нагнетания, исследовать анизотропию коллекторов и т.д.

Получить такую информацию, не нарушая установившийся производственный режим нефтедобывающего предприятия, можно только с помощью трассеров, надежно определяющихся в условиях больших разбавлений. Большинство известных трассеров, в основе которых используется растворенная форма индикаторного вещества, малоприспособлены для таких исследований, прежде всего из-за низкой чувствительности методов их обнаружения.

Такие трассеры можно использовать для определения осредненных значений фильтрационных параметров пластов в модельных экспериментах или при небольших расстояниях между нагнетательными и добывающими скважинами в натурном эксперименте. В противном случае (при использовании их в условиях реальных нефтяных месторождений) необходимо закачивать в пласт большие количества индикаторного вещества. Такие соединения, как селитра и карбамид, используются десятками тонн. Исключение составляют трассеры на основе радиоизотопов. Однако присущая этим трассерам высокая экологическая и санитарно-гигиеническая опасность сводит на нет реальные возможности их применения в таких задачах.

С учетом вышеизложенного научно-производственное предприятие «Сирена-2» и Гидрохимический институт разработали и широко апробировали новые многоцветные флуоресцентные трассеры на дисперсионной основе, а также высокочувствительный люминесцентно-микроскопический метод их количественного определения в любых средах, включая нефти, пластовые воды и т.п. Чувствительность метода определения новых трассеров не ниже, чем чувствительность метода радиоизотопов. Новые трассеры надежно определяются в любых жидких средах в большом диапазоне разбавлений начальной (стартовой) концентрации (до  $10^{12}$ – $10^{14}$  раз). В одном эксперименте можно использовать несколько (3–5) различающихся по цвету флуоресценции трассеров, что значительно расширяет возможности метода, позволяет экономить время и средства, резко сокращая число запусков трассеров и количество отбираемых проб. Малые расходы индикатора в сочетании с многоцветностью трассеров дают возможность их использования и для решения таких задач, как определение направлений и скоростей движения фронтов закачиваемой для поддержания пластового давления воды от каждой из нагнетательных скважин, исследование гидродинамической связи между различными пластами и т.п., в одном эксперименте. Используя многоцветные флуоресцентные трассеры, исследователь получает набор концентрационных кривых данных, содержащих информацию о количестве трассеров по всем добывающим скважинам.

Многочисленные трассерные исследования процессов заводнения, выполненные на нефтяных месторождениях Западной Сибири, Северного Кавказа, Поволжья, Казахстана, показали высокую эффективность данного подхода в различных гидрогеологических условиях, включая техногенно измененные.