

CO₂-EOR

Парниковый эффект в добыче нефти



Верите ли вы в глобальное потепление или нет, но борьба экологов с углекислым газом (CO₂) иногда оборачивается самыми неожиданными результатами. Например, ростом добычи нефти из истощенных месторождений. На естественном истощении традиционной нефтяной пласт отдает до 15% геологических ресурсов, после заводнения — еще 15-20%, и в пласте остается 60-70%. Потенциал плотных и материнских пород (в просторечии «сланцы») на естественном истощении — 5-7%. Закачка воды в плотные породы невозможна, больше 90% нефти остается в земле.

Там, где минеральное сырье принадлежит государству, участки редко переходят из рук в руки, схема разработки утверждается на ранних этапах жизни месторождения и с ростом обводненности до проектного уровня добычу прекращают, а скважины ликвидируют или формально консервируют. Использование же третичных методов позволяет дополнительно извлечь около половины ресурсов, обычно списываемых с госбаланса.

СЕРГЕЙ ПАРСЕГОВ
Texas A&M University

В США месторождения принадлежат владельцам земли, которые, разумеется, заинтересованы в получении роялти от компаний-операторов. Стремясь увеличить добычу в течение срока жизни месторождения, собственники недр по несколько раз меняют операторов.

Крупные проекты в чистом поле реализуют гиганты, имеющие самый дешевый заемный капитал. Независимые же операторы, не отягощенные раздутым штатом и бюрократией крупных игроков, творчески экономят там, где добыча идет на спад: покупают бывшее в употреблении оборудование, расконсервируют скважины, договариваются о совместной переработке попутного газа и продолжают добычу.

Независимые операторы первыми промышленно применяют третичные методы (EOR): тепловые — закачку пара (Калифорния), или газовые — закачку, прежде всего CO₂ (Техас и Оклахома).

Для этого нефтяникам приходится добывать и транспортировать CO₂ спящих вулканов за тысячи километров из горных районов Колорадо и Нью-Мексико в Техас, либо выкупать его с аммиачных заводов. Общая длина разветвленной сети трубопроводов углекислого газа составляет 7,2 тыс. км, что сопоставимо с длиной сети трубопроводов «Дружба», имеющей протяженность 8,9 тыс. км (см. «Система CO₂-трубопроводов США»).

Технология CO₂-EOR на обводненных месторождениях пришла ко двору во время арабского эмбарго. С падением же цены на нефть в середине 1980-х часть проектов стала нерентабельной и была закрыта.

Последний рост числа проектов наблюдался в середине нулевых. Причем в 2006 году добыча газовыми методами превысила добычу тепловыми. Тогда же, вместе с ростом цены природного га-

Система CO₂-трубопроводов США



Источник: NETL DOE, 2010

Где узнать больше

- DOE/NETL. Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery Untapped Domestic Energy Supply and Long Term Carbon Storage Solution. 2010.
- Martin, R. Surviving low oil price-spectroscopic from the private equity point of view. Tabula Rasa Energy. Annual CO₂-Conference Midland, TX. December 6th, 2016.
- M. Ming, S. Melzer. CO₂-EOR: a model for significant carbon reductions. White Paper presented at Symposium on the Role of EOR in Accelerating the Deployment of CCS, MIT. Cambridge, MA, USA. July 23, 2010
- Verma, M.K., 2015, Fundamentals of carbon dioxide-enhanced oil recovery (CO₂-EOR) — A supporting document of the assessment methodology for hydrocarbon recovery using CO₂-EOR associated with carbon sequestration: U.S. Geological Survey Open-File Report 2015-1071, 19 p., <https://dx.doi.org/10.3133/ofr20151071>

Проект Petra Nova

Крупнейшая в Техасе электростанция W.A. Parish принадлежит NRG Energy. Установленная мощность генерации — 3,7 ГВт. Потребление угля — 36 тыс. тонн/сут.

Месторождение West Ranch (Jackson county, TX) открыто в 1934 году. Глубины залегания пластов — 1,8 км, накопленная добыча нефти — 380 млн барр (52 млн тонн). Оператор блоков 98-A и 41-A — Hilcorp (50%), другие участники: NRG Energy (25%) и JX Nippon (25%). Пик добычи 52 тыс. барр/сут. достигнут в 1970 году, а в 2014-м — всего 400 барр/сут. с обводненностью 97%. За счет EOR планируется дополнительно добыть 60 млн барр нефти.

Оператором проекта строительства блока улавливания CO₂ электростанции W.A. Parish является консорциум Petra Nova Parish Holdings, LLC (Petra Nova). Доли участников — NRG Energy (50%), JX Nippon (50%). Общий бюджет проекта \$1,3 млрд.

Установка улавливает 90% CO₂ отходящих газов от энергоблока на 240 МВт. Лицензиары процесса: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) и Kansai Electric Power Co. Проектное финансирование предоставлено Japan Bank for International and Cooperation (JBIC) и Mizuho Bank, под гарантии Nippon Export and Investment Insurance (NEXI).

На иллюстрации: Установка разделения отходящих газов электростанции W.A. Parish. Адаптировано с Google maps



за, началось снижение добычи тепловыми методами и наращивание добычи за счет CO₂-EOR.

Физика газового EOR очень проста. Начиная с определенного давления (ММР) закачиваемые газы полностью растворяются в пластовой нефти, повышая её давление, и добыча начинает расти, при этом обводненность продукции снижается или остается той же. Лабораторные и полевые эксперименты в 1970-х годах показали эффективность метода при цене нефти выше \$15/барр.

Два года назад мне удалось побывать на подобном проекте в Западном Техасе. Традиционное купольное месторождение разрабатывается с 1950 года четвертой по счету компанией. 30 скважин с суточной добычей 400 тонн обслуживают семь человек. Коэффициент извлечения нефти (КИН) приближается к 90%. За следующие 20 лет искусственная газовая шапка из CO₂ пройдет по пласту вниз до первоначального водонефтяного контакта (ВНК), и месторождение из нефтяного превратится в углекислотное.

Углекислый газ будет вновь добыт и продан обратно в систему газопроводов для повторной закачки на соседних месторождениях. По завершении проекта соседям будут проданы и компрессоры с системой мембранного разделения газа.

Но и это не конец истории. Газовая закачка может быть реализована в том числе на обширных по площади путях первоначальной миграции нефти ниже ВНК (т.н. ROZ — residual oil zones, остаточные нефтяные зоны). Эти «четвертичные» методы разработки пока еще проходят первые пилотные испытания Seminole San Andres Unit (2007), а запасы во многих истощенных бассейнах еще предстоит переоценить нашим потомкам.

Недавние лабораторные данные на кернах свидетельствуют о перспективности цикловой закачки-добычи (CO₂ huff and puff) в плотные формации Spraberry и Wolfcamp, что увеличивает потенциал роста добычи сланцевой нефти США в несколько раз за счет повышения КИН с 5–7% до 15–20%.

Между тем два года низких (~\$50/барр) цен и истекающие договоры хеджирования поставили многих операторов EOR-проектов в тяжелое положение. Внутренняя норма доходности (IRR) по новым проектам CO₂-EOR снизилась до 7–8%. В Техасе начался бум реструктуризации долга и M&A сделок, уволено более 350 тыс. специалистов. Больше всего пострадали менеджеры и высокооплачиваемые специалисты.

И если бы не поддержка «зеленых», требующих утилизации CO₂, многим нефтяным компаниям и их подрядчикам было бы

совсем плохо. Правительство США начало субсидировать улавливание промышленного CO₂ и его закачку в истощенные месторождения. По оценкам, по этой технологии на традиционных месторождениях только в США можно дополнительно добыть 12–37 млрд тонн нефти.

Без правительственного гранта в \$190 млн консорциум Petra Nova не построил бы за рекордные два года блок улавливания углекислого газа на крупнейшей в Техасе угольной электростанции W.A. Parish. Теперь же по подземному газопроводу длиной 130 км до почти заброшенного месторождения West Ranch будет транспортироваться до 1,4 млн тонн CO₂ в год. Это позволит реанимировать добычу с текущих 400 барр/сут. до целевых 15 тыс. барр/сут. (см. «Проект Petra Nova»).

Очевидно, что геологический потенциал в России не уступает потенциалу США. Ведь пермский нефтегазовый бассейн есть не только в Техасе. Традиционные регионы добычи могут давать нефть еще сотни лет.

В России дешевым источником CO₂ могут стать аммиачные заводы, для которых сверхчистый углекислый газ — побочная продукция. Кроме того, есть и природные источники — Астраханское и Оренбургское месторождения содержат кислый газ с долей CO₂ в десятки процентов. Газовые заводы на этих месторождениях уже могут производить товарный CO₂.

Дополнительное газовое хозяйство потребует затрат, но ведь нет скважин дешевле уже пробуренных, да и новые инфраструктурные объекты вряд ли окажутся экономичнее уже построенных. В конечном счете можно закачивать и попутный газ, и его компоненты — прежде всего, этан и пропан. Опубликованы первые исследования по применимости этана и пропана для увеличения КИН даже в сланцевых породах.

Более низкий ММР углеводородного газа сэкономит одну стадию компрессии. Да и свободных специалистов сейчас больше, чем когда-либо в истории. Так что окупаемость подобных проектов, как всегда, определяется не новыми технологиями (они известны с 70-х), а в исполнимости договоров проектного финансирования, в условиях работы подрядчиков — важно избежать задержек при строительстве проектов, аналогичных Petra Nova, в России.

Официально в 2016 году в России сожжено на факелах 12% добытого попутного газа и лишь 7% закачено для поддержания давления в пласте. Такая статистика обещает хорошие перспективы в России методу, ставшему весьма популярным у нефтяников США. □

Текст статьи отражает мнение автора и не отражает официальную позицию Texas A&M University