

Гийом Дююи¹; Ян Ньеверф¹, e-mail: eor@snf.com

¹ SNF Holding Company (Франция).

Экономически эффективный метод повышения нефтеотдачи пласта и снижения углеродоемкости с помощью полимерного заводнения и модульных технологических установок



Полимерное заводнение по сравнению с обычным заводнением нефтяного пласта может увеличить коэффициент извлечения до 20 % начальных запасов нефти всего за 3–6 долл. США за баррель.

В то же время общественное давление в области экологии неуклонно возрастает и требует немедленных действий по достижению нулевого объема производственных выбросов к 2050 г. Полимерное заводнение может способствовать решению этой задачи за счет сокращения выбросов CO₂ на баррель

Кризис COVID-19 привел к беспрецедентной ситуации в нефтяной промышленности, обусловленной резким снижением цен на нефть из-за внезапного сокращения спроса, а также провалом соглашений о сокращении добычи. Нефтяные компании были вынуждены урезать свои бюджеты и свернуть разведку новых месторождений. Однако когда спрос вернется к уровню, наблюдавшемуся до пандемии, потребуется увеличить добычу нефти и резервировать запасы с существующих скважин. В таком контексте первостепенное значение приобретает простая и оперативная максимизация добычи и доказанных запасов существующих нефтяных активов экономически эффективным способом.

в 3–6 раз. Это снижение достигается за счет более эффективной добычи нефти, что приводит к сокращению обводненности и в конечном счете к уменьшению энергетических затрат на перекачку, а также затрат на оборудование и процесс отделения воды от нефти. Сокращение объема вырабатываемой воды будет способствовать снижению объема выбросов парниковых газов [1].

Нефтедобывающие компании сообщают о значительном снижении обводненности нефти на фоне применения полимерного метода увеличения нефтеотдачи, а уменьшение объема воды, которую впоследствии необходимо будет отделять от нефти, в конечном итоге приводит к увеличению объемов добычи нефти. Нередко в давно освоенных месторождениях уровень обводненности достигает 6 [2, 3]. В то же время для новых или не так давно освоенных месторождений полимерное заводнение более эффективно с точки зрения коэффициента полезности [4], который

определяется как килограмм полимера на баррель дополнительной нефти. Это приводит к увеличению как нефтеотдачи, так и экономической эффективности процесса третичной нефтедобычи. Ускорение нефтедобычи позволит на несколько лет сократить объемы потребления воды и энергии для нужд производственного объекта [5], включая все эксплуатационные факторы (к примеру, топливо, транспортные и коммунальные услуги, снабжение и т. д.). Таким образом, углеродоемкость сырой нефти может быть дополнительно снижена.

В настоящее время 60 % мировой нефтедобычи на ранее освоенных месторождениях производится за счет закачки воды в целях поддержания требуемого уровня давления либо в ходе операций по заводнению, что обеспечивает коэффициент извлечения нефти на уровне 20–40 % геологических (начальных) запасов. Полимерное заводнение – проверенная технология, применяемая на сегодняшний день более чем в 300 проектах по всему миру. На этих ме-



сторождения добывают больше нефти в более короткие сроки и при меньшем воздействии на окружающую среду по сравнению с проектами, в рамках которых используется традиционное заводнение. Полимерное заводнение как метод увеличения нефтеотдачи оказалось экономически и технически успешным на таких крупных месторождениях, как Mangala (Индия), Pelican Lake, Suffield и Medicine Hat (Канада), Diadema и Grimbeek (Аргентина), Daqing, Shengli, Dagang и др. (Китай), Marmul (Оман), а также Patos Marinza (Албания) и казахстанские месторождения.

В 1990-х гг. SNF сотрудничала с китайской национальной нефтегазовой корпорацией CNPC в рамках полномасштабного проекта Daqing EOR (вторичный метод повышения нефтеотдачи на месторождении Daqing). SNF построила и ввела в эксплуатацию первый крупнейший в мире завод по каповому производству полимеров для последующего применения полимерного метода заводнения. С тех пор было реализовано множество проектов по повышению нефтедобычи, показавших, что полимерное заводнение увеличивает коэффициент извлечения нефти на 15–20 % начальных геологических запасов [6–13] по сравнению с обычным заводнением. Кроме того, в среднем на баррель дополнительно извлеченной нефти требуется 1,7 кг полимера, т. е. 1 т введенного полиме-

ра обеспечит дополнительную добычу 80 т нефти. Этот коэффициент является экономически выгодным при нынешней стоимости полимеров. Таким образом, полимерное заводнение может обеспечить значительную краткосрочную нефтедобычу с низкими добавочными затратами по сравнению с разведкой новых нефтяных месторождений.

Специалистами SNF были разработаны наземные установки, интегрированные в контейнеры, полностью укомплектованные перед транспортировкой на морскую платформу или береговую площадку и подключаемые к уже существующим водопроводам [14]. Используемый при этом принцип plug & riptr позволяет ускорить введение полимера. Такой модульный подход дает нефтедобывающим компаниям гибкость для постепенного расширения проекта от тестового запуска до полномасштабной разработки месторождения методом полимерного заводнения. Кроме того, при необходимости модуль можно переместить на другую скважину или даже на другое месторождение. Таким образом, реализация проекта не требует одномоментного расходования значительных объемов финансовых средств, позволяя компании осуществлять капитальные вложения поэтапно, что способствует максимизации эффективности и окупаемости инвестиций. Возможны также варианты аренды оборудования.

Поддержание комбинированных операционных и капитальных затрат на уровне 3–6 долл. США за баррель делает полимерное заводнение финансово привлекательным даже в условиях низких цен на нефть, одновременно увеличивая доказанные запасы нефти и ускоряя добычу.

Дополнительную экономию дает также эффект снижения сопротивления полимера в отношении перемещенной жидкости. Такой эффект наблюдается при массовой концентрации полимера более 50 млн^{-1} , когда коэффициент трения транспортируемого флюида о внутреннюю поверхность труб уменьшается более чем на 70 %. Новые методы отделения воды от нефти также позволяют сократить потребление свежего полимера до 35 % после прорыва за счет повторного введения использованного полимера. Таким образом, полимер становится высокоэффективным экологически чистым материалом, пригодным для вторичной переработки. Кроме того, может быть сокращено общее потребление нефтепромысловых химикатов, что будет способствовать пропорциональной экономии затрат и снижению выбросов парниковых газов, связанных с нефтедобычей.

Изготовление полимеров само по себе подразумевает выброс определенного количества парниковых газов, однако производственный процесс в SNF организован таким образом, чтобы



минимизировать воздействие на окружающую среду. Наш основной мономер производится путем ферментации при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении. Учитывая большие объемы используемых веществ, этот непрерывный биологический каталитический процесс делает SNF пионером в сфере мягкой химии. Производство полиакриламидов в целом относится к области углеродоеффективной химии, поскольку лишь три атома углерода на структурное звено макромолекулы полимера обеспечивают преимущество макромолекулярной структуры вводимой жидкости (в отличие от 10 атомов углерода в случае полиэтилентерефталата и 8 атомов в случае полистирола). Сложные времена дают возможность для продвижения инноваций. Внедре-

ние полимерного заводнения – это экономически эффективный подход к максимизации производительности ваших текущих активов с заботой об окружающей среде за счет сокращения водопотребления и выбросов парниковых газов. SNF является лидером в производстве полимеров для увеличения нефтеотдачи с мировым оборотом около 4 млрд долл. США, из которых 1 млрд долл. – в области нефтяной промышленности, и более чем 20 заводами, расположенными вблизи районов добычи нефти, в сочетании с уникальным логистическим и инженерным сервисом, позволяющим поставлять полимер с завода в резервуар с максимальной оперативностью. SNF обладает непревзойденными возможностями для поддержки технологии полимерного увеличения нефтеотдачи

от этапа предварительного проектирования до производства, включая обслуживание на местах. Наши химики, инженеры и эксперты по строительству резервуаров готовы ответить на ваши вопросы и помочь вам на каждом этапе реализации проекта.

SNF

Представительство в России:
000 «СНФ Восток»
115184, РФ, г. Москва,
ул. Большая Татарская, д. 42,
эт. 4, оф. 401
Тел.: +7 (495) 647-50-10
Факс: +7 (495) 647-50-22
e-mail: info@snf-group.ru
www.snf-group.ru, www.snf.com

на правах рекламы

Литература:

1. Farajzadeh R., Zaal C., van den Hoek P., Bruining J. Life-Cycle Assessment of Water Injection into Hydrocarbon Reservoirs Using Exergy Concept // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 235. P. 812–821.
2. Dong H., Fang S., Wang D. et al. Review of Practical Experience & Management by Polymer Flooding at Daqing // SPE Symposium on Improved Oil Recovery, 2008 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/114342-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
3. Juri J.E., Ruiz A.M., Pedersen G. et al. Grimbeek2: First Successful Application Polymer Flooding in Multilayer Reservoir at YPF. Interpretation of Polymer Flooding Response // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 2017 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/185487-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
4. Delamaide E. Comparison of Primary, Secondary and Tertiary Polymer Flood in Heavy Oil – Field Results // SPE Trinidad and Tobago Section Energy Resources Conference, 2016 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/180852-MS> (дата обращения: 22.10.2020).

5. Poulsen A., Shook G.M., Jackson A. et al. Results of the UK Captain Field Interwell EOR Pilot // SPE Improved Oil Recovery Conference, 2018 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/190175-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
6. Wang D., Zhang J., Meng F. et al. Commercial Test of Polymer Flooding in Daqing Oil Field Daqing Petroleum Administrative Bureau // International Meeting on Petroleum Engineering, 1995 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/29902-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
7. Wang D., Cheng J., Wu J., Wang G. Experiences Learned after Production of More than 300 Million Barrels of Oil by Polymer Flooding in Daqing Oil Field // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2002 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/77693-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
8. Anand A., Al Sulaimani H., Riyami O., AlKindi A. Success and Challenges in Ongoing Field Scale Polymer Flood in Sultanate of Oman – A Holistic Reservoir Simulation Case Study for Polymer Flood Performance Analysis & Prediction // SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia, 2018 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/190431-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
9. Juri J.-E., Ruiz A., Serrano V. et al. A Successful 18%STO0IP 4-Injector Polymer Pilot Expands To 80 New Injectors In 6 Years Adopting A Modular Concept In Grimbeek Fluvial Reservoirs // International Petroleum Technology Conference, 2020 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2523/IPTC-20285-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
10. Delamaide E., Let K.M.S., Bhoendie K., Paidin W.R., Jong-A-Pin S. Interpretation of the Performance Results of a Polymer Flood Pilot in the Tambaredjo Oil Field, Suriname // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 2016 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/181499-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
11. Sieberer M., Clemens T., Peisker J., Ofori S. Polymer Flood Field Implementation – Pattern Configuration and Horizontal versus Vertical Wells // SPE Improved Oil Recovery Conference Society of Petroleum, 2018 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/190233-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
12. Batonyi A., Thorburn L., Molnar S. A Reservoir Management Case Study of a Polymer Flood Pilot in Medicine Hat Glauconitic C Pool // SPE Improved Oil Recovery Conference, 2016 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/179555-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
13. Guo H., Dong J., Wang Z. et al. 2018 EOR Survey in China – Part 1 // SPE Improved Oil Recovery Conference, 2018 [Электронный источник]. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/190286-MS> (дата обращения: 22.10.2020).
14. Juri J., Ruiz A., Schein F. et al. Grimbeek Successful Polymer Pilot Extends to 80 Injectors in Factory-Mode Development at CGSJ Basin // Conference Proceedings, IOR 2019 — 20th European Symposium on Improved Oil Recovery. 2019. P. 1–14.

«СНФ ФЛОПАМ» – ПЕРВЫЙ ЗАВОД ХОЛДИНГА SNF В РОССИИ

Холдинг SNF осуществляет масштабный инвестиционный проект по открытию первой производственной площадки в России. Завод по производству акриламида и полиакриламида в Саратове предполагается вывести на проектную мощность в 2023 г. Первая очередь рассчитана на выпуск продукции в объеме 60 тыс. т в год. Неоспоримым преимуществом производственного процесса SNF является получение акриламида с применением биокатализатора, что дает возможность проведения гидролиза нитрила акриловой кислоты в водной среде при комнатной температуре и атмосферном давлении. Проведение процесса в водной среде одновременно снижает риск возникновения пожара. Кооперация с поставщиком сырья – ООО «Саратоворгсинтез» делает производственный цикл и стоимость продукции оптимальными. Продукция нового предприятия, в том числе в рамках импортозамещения, востребована в России и Республике Казахстан. Основными потребителями продукции предприятия станут нефте- и горнодобывающая отрасли. В частности, выпускаемые реагенты будут использоваться в технологиях повышения нефтеотдачи пластов (EOR).



Церемония закладки первого камня будущего завода СНФ в России (Саратов, 26 мая 2016 г.). Слева направо: владелец холдинга «СПСМ» С. А. (группа СНФ) Рене Пик, советник по транспорту, промышленности и устойчивому развитию посольства Франции в России Станислас Анрион, губернатор Саратовской области Валерий Радаев, первый вице-президент ПАО «ЛУКОЙЛ» Владимир Некрасов



Строительство завода

