

Патентный анализ жизненного цикла технологий (на примере нефтяного сектора)

Мохаммад Дегани Мадвар

Исследователь и эксперт, Департамент возобновляемой энергетики Тегеранского университета (Department of Renewable Energy, University of Tehran), Иран. Адрес: 16 Azar str., Enghelab sq., Tehran, Iran.
E-mail: dehghani.madvar@gmail.com

Хоссейн Хосропур

Консультант и эксперт, Клуб молодых исследователей и элиты при Исламском университете Азад (Young Researchers and Elite Club at the Islamic Azad University), Иран. Адрес: Central Tehran Branch Islamic Azad University, No. 136, Forsat Sr., Eskandari St., Azadi Ave., Tehran, Tehran Iran.
E-mail: khosropourh@gmail.com

Абдула Хосраванян

Исследователь и эксперт. Департамент химии и нефтехимии Технологического университета имени Шарифа (Department of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology), Иран. Адрес: Sharif University of Technology, Azadi Ave., Tehran, Iran E-mail: khosravianian_a@che.sharif.ir

Мариам Мирафшар

Аспирант, Университет имени Алламе Табатабаи (Allameh Tabatabaai University), Иран. Адрес: Dehkadeh-Olympic, Tehrān, Iran. E-mail: mirafshar.maryam@gmail.com

Мортеза Резапур

Руководитель отдела интеллектуальной собственности (IP Unit). Научно-исследовательский институт нефтяной промышленности (Research Institute of Petroleum Industry), Иран. Адрес: West Side of Azadi Sports Complex, 1485733111 Tehran, Iran E-mail: rezapourm@ripi.ir

Бехруз Нури

Руководитель отдела технологических стратегий (Technology Strategies Unit). Научно-исследовательский институт нефтяной промышленности (Research Institute of Petroleum Industry), Иран. Адрес: West Side of Azadi Sports Complex, 1485733111 Tehran, Iran E-mail: Noorib@ripi.ir

Аннотация

В принятии решений, определяющих вектор научно-технологической политики, важную роль играет идентификация текущей стадии жизненного цикла технологии на основе достоверных данных. Благодаря тесной связи с научной деятельностью, патенты являются важными источниками информации о любой технологии. Учитывая роль патентной информации в принятии компаниями стратегических решений, мы попытались использовать патентные данные как источник информации для определения уровня развития технологии — ее позиции на S-кривой. В статье представлен обзор литературы по жизненному

циклу технологий, оценивается роль патентов на тех или иных его стадиях.

В фокусе исследования — структурная схема анализа технологического тренда с использованием патентных данных, апробированная при изучении жизненного цикла технологии нагнетания CO₂ в добыче нефти и газа в мировом масштабе. Представлены результаты патентного анализа рассматриваемой технологии, а также рекомендации по дальнейшему развитию методологии, которая, по мнению авторов, может стать эффективным инструментом для исследования динамики любой технологии.

Ключевые слова: жизненный цикл технологий; S-кривая; патентный анализ; технология нагнетания CO₂.

DOI: 10.17323/1995-459X.2016.4.72.79.

Цитирование: Madvar M.D., Khosropour H., Mirafshar M., Khosravianian A., Rezapour M., Nouri B. (2016) Patent-Based Technology Life Cycle Analysis: The Case of the Petroleum Industry. *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no 4, pp. 72–79. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.4.72.79.

Патентование — один из важнейших инструментов совершенствования стратегий компаний в целях повышения их конкурентоспособности и расширения технологических возможностей. Мониторинг патентной активности позволяет идентифицировать текущую стадию жизненного цикла технологии, выявить конкурентные либо партнерские отношения между компаниями в той или иной сфере. Эти факторы имеют определяющее значение для разработки стратегий в сфере исследований и разработок (ИиР) и маркетинговой деятельности [Dou, 2004]. Патентный анализ ориентирован на практическое прогнозирование и служит основой для принятия решений в государственном и частном секторах [Amy, Charles, 2008]. С его помощью можно выявить статус изучаемой технологии — возникновение, созревание или «закат». Тенденция к отслеживанию технологических трендов и их влияния на отрасли стимулирует спрос на технологическое прогнозирование как условие эффективного планирования и реализации политики. В рамках этой деятельности оцениваются направление и скорость развития трендов, выявляются слабые сигналы — ранние признаки трансформационных технологий [Chen et al., 2011], что помогает подготовиться к грядущим турбулентным событиям в экономике и разработать действенную политику, отвечающую интересам бизнеса и государства.

В статье изучаются возможности анализа жизненного цикла технологий в технологическом прогнозировании. Для апробации предлагаемой методики выбрана нефтегазовая индустрия — один из ключевых секторов, где проходит масштабное технологическое обновление [Daim et al., 2006].

Среди технологий добычи нефти и газа (*oil and gas upstream*) важную роль играют методы добычи с искус-

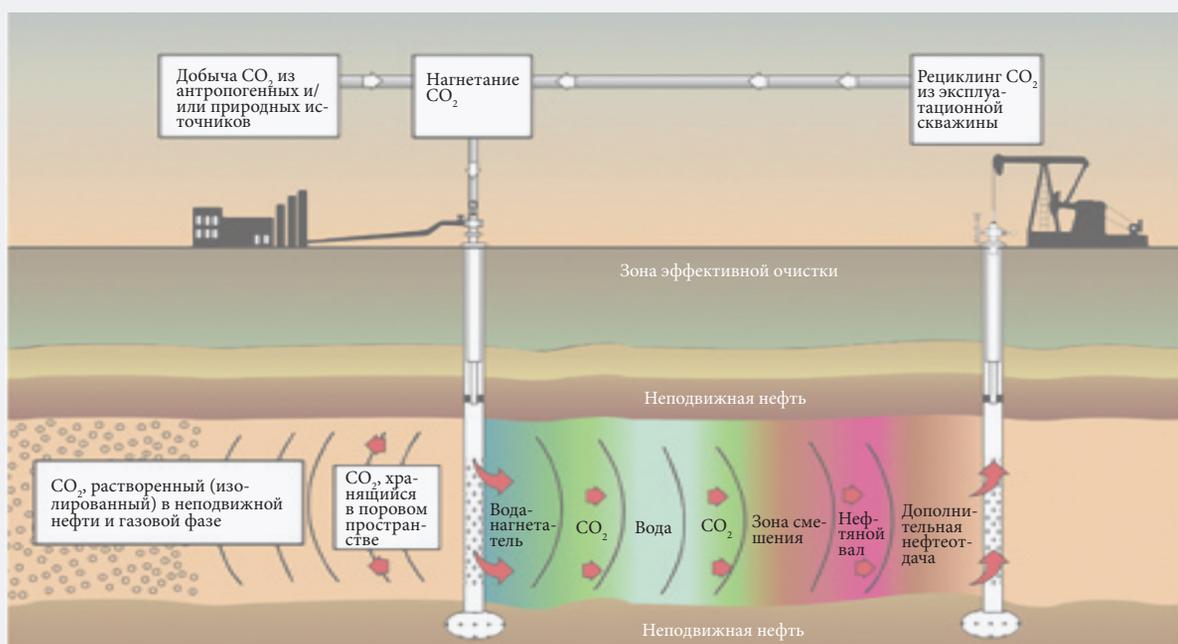
ственным поддержанием энергии пласта (*enhanced oil recovery, EOR*), которые известны как третичное производство (*tertiary production*). Благодаря удобной транспортировке углекислого газа (CO_2) по трубопроводам его нагнетание (рис. 1) становится все более востребованным методом EOR во многих областях. Кроме того, рассматриваемая технология обладает экологическими преимуществами, связанными с утилизацией парникового газа, каковым является CO_2 [Malik, Islam, 2000].

Концепция жизненного цикла технологий

Математическая модель S-кривой широко применяется в различных дисциплинах, включая физику, биологию и экономику. В соответствии с определением, приведенным в работе [Little, 1981], на стадии «возникновения» (*emergence*) новая технология практически не имеет конкурентного влияния и слабо интегрирована в продукты или процессы. В период «роста» (*growth*) темпы распространения технологии ускоряются, возрастает ее конкурентоспособность, при этом ее интегрированность в новые продукты или процессы по-прежнему невелика. Достигнув «зрелости» (*maturity*), ряд распространенных технологий приобретают статус ключевых и встраиваются в продукты или процессы, закрепляя свой высокий конкурентный потенциал [Mogee, 1991]. По мере потери конкурентного влияния технология становится базовой, входит в стадию «насыщения» (*saturation*) и может быть заменена новой технологией (рис. 2).

Как видно из рис. 2, наиболее критичными факторами являются «Технологический предел» и «Изменение коэффициента продуктивности». Последний определяется как поворотная точка, обусловленная появлением какой-либо новой возможности. Подобная траектория

Рис. 1. Технологический процесс нагнетания CO_2



Источник: [DOE, 2011].

Рис. 2. Схема интеграции для технологической S-кривой и патентной активности



развития технологии присуща сложившейся компании. Другой фактор — технологический предел — проявляется, когда технология, исчерпав потенциал совершенствования, достигает зрелости. Именно на этом уровне зачастую имеют место процессные инновации.

S-кривые формируются с помощью регрессионной модели, описывающей нелинейную связь между зависимой переменной (объектом прогнозирования) и временем. Наиболее часто используется уравнение, представленное в работе [Intepe, Koc, 2012]:

$$Y_t = \frac{L}{1 + ae^{-bt}} \quad (1)$$

где коэффициенты a и b описывают, соответственно, местоположение и форму кривой, а L — асимптотический максимум функции Y_t . Модели, основанные на изначальных данных для кривой роста, действительны при условии точного определения кривой и ее верхнего предела.

Технологическое прогнозирование на основе патентной документации

Патенты играют существенную роль в развитии технологий, поскольку наделяют изобретателей и правопреемников исключительными правами, обеспечивая юридическую защиту. Вместе с тем, учитывая, что процесс патентирования дорогостоящий и может занять несколько лет, подача заявки на патент обычно свидетельствует об оптимистичных настроениях в экономике или о значимости патентуемой технологии.

Патентный анализ служит для получения сведений об определенной отрасли или технологии, которые могут быть использованы в прогнозировании. Показатель роста числа патентов на технологии обычно следует за схожим трендом, по траектории, напоминающей S-кривую. На ранних стадиях развития технологии число выданных патентов ограничено, затем наступает

период быстрого роста, когда и количество выданных патентов, и спектр областей их применения увеличиваются, и, наконец, потенциал развития исчерпывается [Amy, Charles, 2008].

С помощью данных о числе патентных заявок, грантов, а также отозванных, аннулированных либо истекших по сроку действия патентах можно составить представление о стадиях развития технологии. Этот процесс состоит из нескольких этапов, начиная с интеллектуальной деятельности и заканчивая выходом на рынок. Вначале формируется первичная идея, затем проводятся ИиР, которые могут стать основанием для оформления патентной заявки. По результатам ИиР регистрируется патент, после чего продукт готов к коммерциализации и выходу на рынок (рис. 3).

В большинстве моделей патентование относится к фазе изобретательства и ИиР, считаясь индикатором результативности последних (рис. 4).

Неизменно прослеживается положительная связь между интенсивностью ИиР и числом регистрируемых патентов. Число цитирований, получаемых патентом,

Рис. 3. Стадии технологического развития и патентование



Рис. 4. Взаимосвязь между патентованием, созданием изобретений и инновационным процессом



может коррелировать с его экономической и технологической ценностью. Заметим, что, в отличие от научных статей, для авторов патентов предпочтительно сохранять их цитируемость на возможно более низком уровне, чтобы избежать претензий на предмет дублирования со стороны контролирующих органов. Несмотря на это, число цитирований, присутствующих в патенте, также сохраняет свою значимость в качестве индикатора технологического развития.

Анализ патентного цитирования может использоваться для выявления связей между компанией-владельцем и другими игроками, цитирующими патенты. Примечательно, что даже меньшая доля креативности может привести к инновациям, часть которых способна стать изобретениями, и лишь некоторые из них будут

запатентованы. Очевидно, патенты содержат описание тех или иных инноваций; они могут также касаться изобретений, не имеющих какой-либо коммерческой значимости.

Методология исследования

Кривая жизненного цикла технологий — это инструмент параметрического прогнозирования ее будущего с помощью кривых роста. Он имеет значение при оценке уровня технологического роста на каждой стадии жизненного цикла [Gao et al., 2013].

В нашей статье исследуется возможность применения патентного анализа для описания жизненного цикла технологии на примере нагнетания углекислого газа при добыче нефти методом EOR. Для определения релевантных патентов вначале проводился опрос экспертов, по итогам которого был составлен список ключевых слов, относящихся к рассматриваемой технологии. Этот перечень затем использовался для выделения ключевых кодов из патентов в соответствии с Международной патентной классификацией (International Patent Classification, IPC)¹ и Совместной патентной классификацией (Cooperative Patent Classification, CPC)², а также выявления связей между ними, что позволило определить ключевые и родственные коды.

За поиском связей между ключевыми кодами (определением кодов патентных семейств) последовал анализ, в рамках которого с помощью программы Orbit³ установлена взаимосвязь кодов и произведена их перегруппировка (рис. 5).

Из рис. 6 следует, что большинство патентов, относящихся к технологиям нагнетания углекислого газа, имеют коды E21B43 и C09K8, а низшие коды — это F23L2900, E21B49 и C10J2300. Табл. 1 дает представление об иерархической структуре патентных кодов, относящихся к технологии нагнетания CO₂.

Табл. 1. Коды Международной патентной классификации, соответствующие технологии нагнетания CO₂

Код	Определение
E	Строительство и горное дело
E21	Бурение грунта или горных пород; горное дело
E21B	Бурение грунта или горных пород (эксплуатация шахт или карьеров E21C; проходка шахтных стволов, выработка или туннелей E 21D); добыча нефти, газа, воды, растворимых или плавких веществ или полезных ископаемых в виде шлама из буровых скважин
E21B43	Способы или устройства для добычи нефти, газа, воды, растворимых или плавких веществ или полезных ископаемых в виде шлама из буровых скважин (применяемые только для добычи воды E03B; добыча нефти из нефтеносных отложений, растворимых или плавких веществ с применением горной техники E21C41/00; насосы F 04)
E21B43/16	Способы усиленной добычи для получения углеводородов (формирование трещин или разрывов E21B43/26; добыча шлама E21B43/29; восстановление загрязненной почвы на месте B09C; {химические составы для этого C09K8/58})
E21B43/164	{Нагнетание CO ₂ или карбонизированной воды (в комбинации с органическим материалом C09K8/594)}

Источник: составлено авторами на основе Международной патентной классификации.

¹ Режим доступа: <http://web2.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/#refresh=page>, дата обращения 17.02.2016. Официальная русская версия расположена по адресу: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/international_classification/Inventions/, дата обращения 10.09.2016 (прим. ред.).

² Создана в 2012 г. Европейским патентным ведомством (European Patent Office, EPO) в рамках совместного проекта с Ведомством по патентам и товарным знакам США (U.S. Patent and Trademark Office, USPTO). Режим доступа: <http://www.cooperativepatentclassification.org/>, дата обращения 17.02.2016.

³ Orbit — онлайн-программа поиска и анализа патентов, являющаяся частью специализированного информационного ресурса Questel. Ее база охватывает патентные ведомства почти всех стран, внесших вклад в развитие высоких технологий, прежде всего государств, являющихся технологическими первопроходцами и лидерами — США, Великобритании, Кореи и т.д. Режим доступа: www.orbit.com, дата обращения 24.03.2016.

Рис. 5. Транспозиция патентных кодов



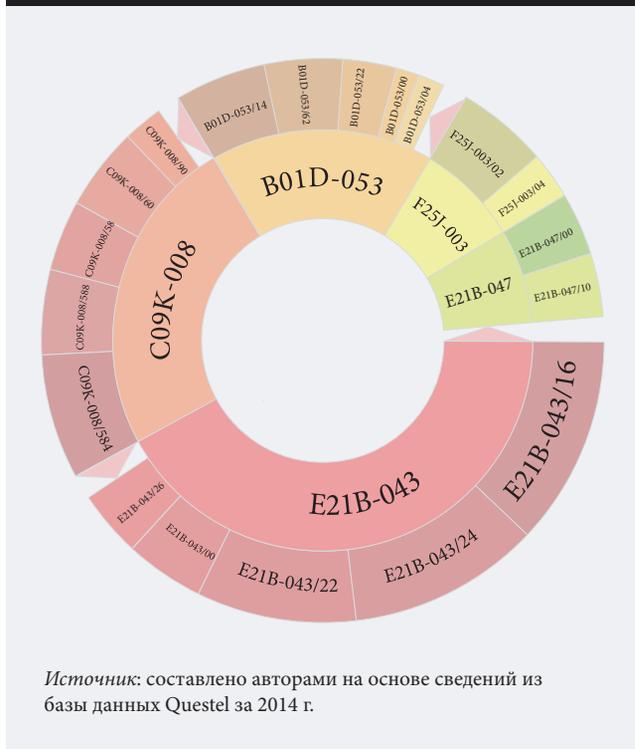
Как показано выше, код E21B43 — один из наиболее широко применимых к технологии нагнетания углекислого газа. Он включает пять подгрупп, и максимальное число патентов относятся к подгруппе E21B43\16. Коды данной подгруппы охватывают патенты таких компаний, как Shell, IFP, Exxon Mobil и Schlumberger. Самые низкие показатели — у подгруппы E21B43\26, к которой, в частности, принадлежат патенты компаний Baker Hughes Inc. и Halliburton. Далее, были выделены патенты, наиболее релевантные для технологии нагнетания CO₂, и на этой основе получена S-кривая. Схема исследования представлена на рис. 7.

Источником данных по патентам стала онлайн-база данных Questel⁴. Всего в выборку вошли 1235 патентов, зарегистрированных в период с 1937 по 2014 г.

Обсуждение результатов

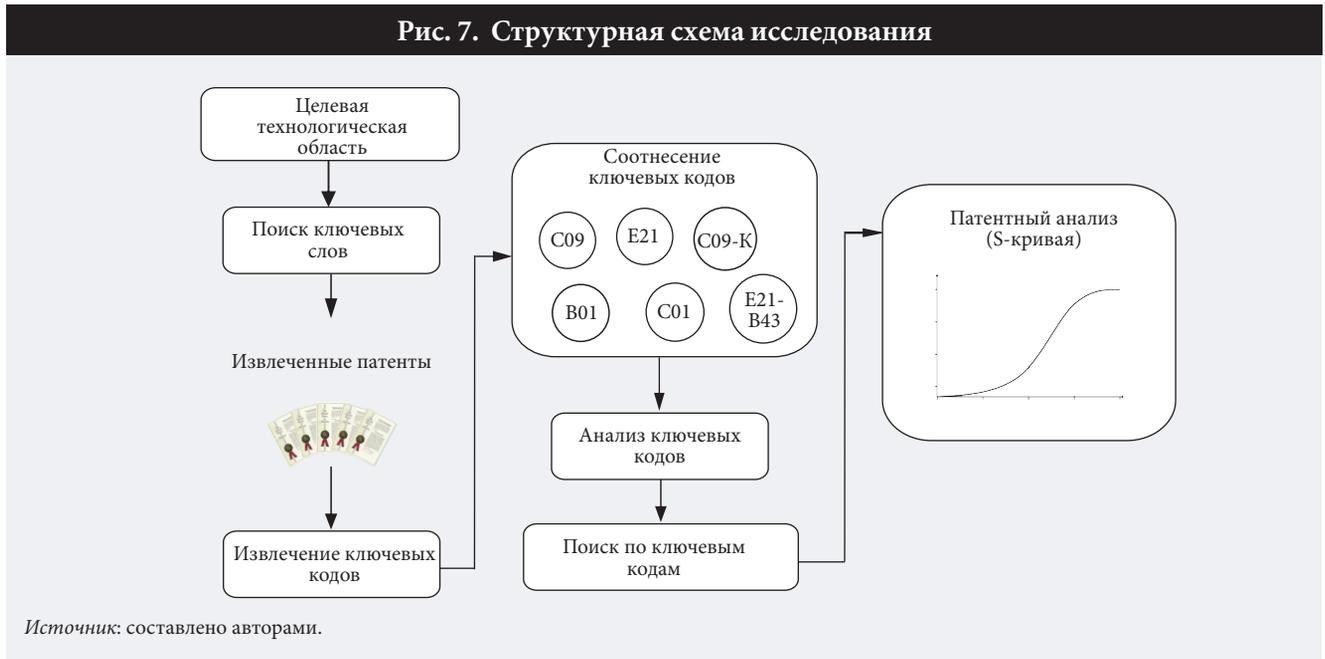
Подача заявки в патентное ведомство предшествует моменту присвоения изобретателям исключительных прав на патент. Патентная заявка содержит описание изобретения, являясь своеобразным «свидетельством о рождении». В заявках обычно присутствуют название изобретения, результаты экспериментирования и техническое описание патента. Поэтому можно анализировать процесс регистрации информации, в том числе в отношении сферы интересов изобретателей либо ор-

Рис. 6. Взаимосвязь между патентными кодами



⁴ Режим доступа: <http://www.questel.com>, дата обращения 17.02.2016.

Рис. 7. Структурная схема исследования



ганизаций, действующих в рассматриваемой технологической области.

Исходя из предположения, что предшествующие тренды сохраняют актуальность, был собран обширный массив исторических данных, на основе которых очерчен ландшафт будущего. Эти методы подходят для прогнозирования на краткосрочную перспективу и первоначальной оценки отдаленных горизонтов. К тому же, их применение обосновано в силу независимости от субъективных предположений.

Исходя из данных, извлеченных из патентов в сфере технологии нагнетания CO₂, патентные заявки были классифицированы по трем временным периодам:

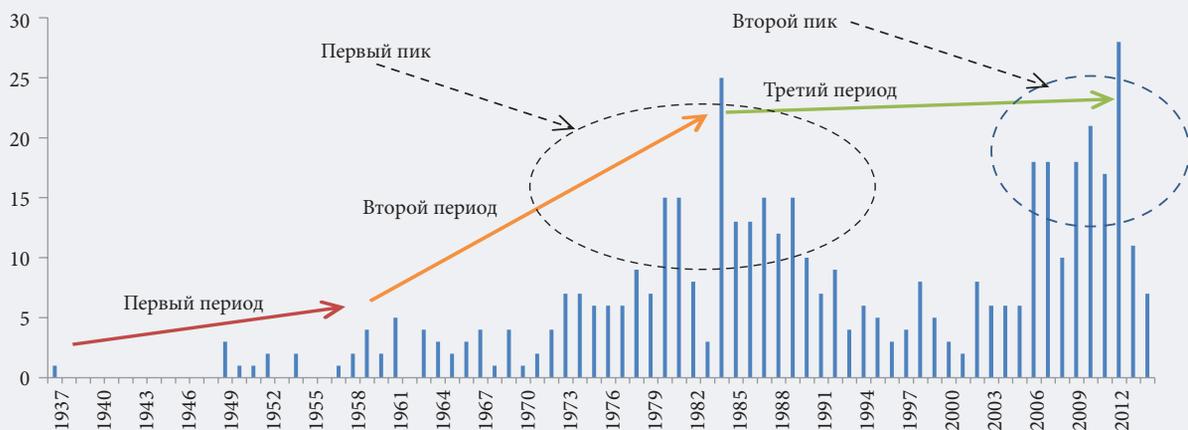
- «зарождение» (1937–1957) — медленное распространение технологии, причем в периоде 1938–1948 гг. не зарегистрировано ни одного патента;

- «рост» (1958–1988) динамичное увеличение числа патентных заявок (вероятно, обусловленное нефтяным кризисом и высокими ценами на нефть);
- «зрелость» (после 1988) — неизменный коэффициент прироста при небольших колебаниях уровня патентной активности.

На рис. 8 четко прослеживаются два пика, разделенные дистанцией, что свидетельствует о растущем внимании исследователей, изобретателей и компаний к технологиям добычи обогащенной нефти с помощью нагнетания углекислого газа.

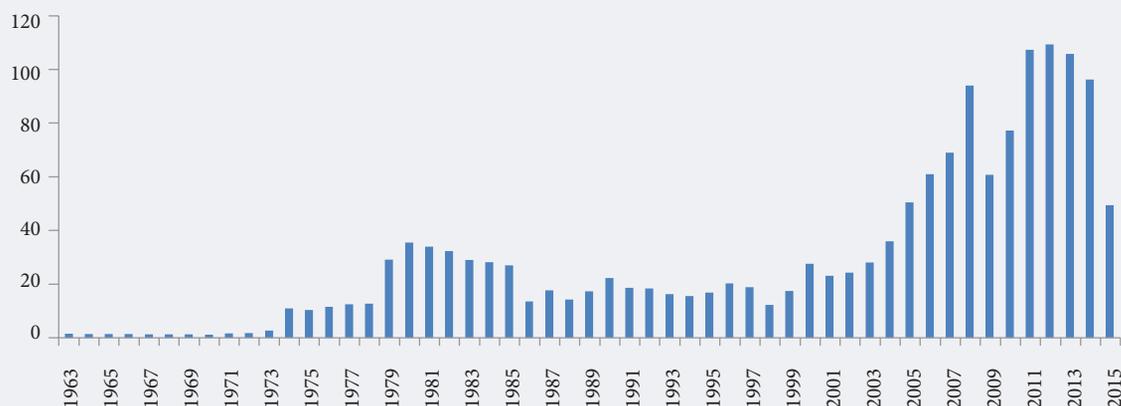
В первом периоде, когда технология еще не получила заметного признания, на нее были зарегистрированы всего четыре патента в 1949 г. Второй период начался с пяти патентов, оформленных в 1961 г., далее активность сохранялась вплоть до 1988 г. Наибольшее число патен-

Рис. 8. Динамика регистрации патентных заявок на технологию нагнетания CO₂



Источники: составлено авторами.

Рис. 9. Динамика среднегодовой цены ОПЕС на сырую нефть (долл./баррель)



Источник: составлено авторами.

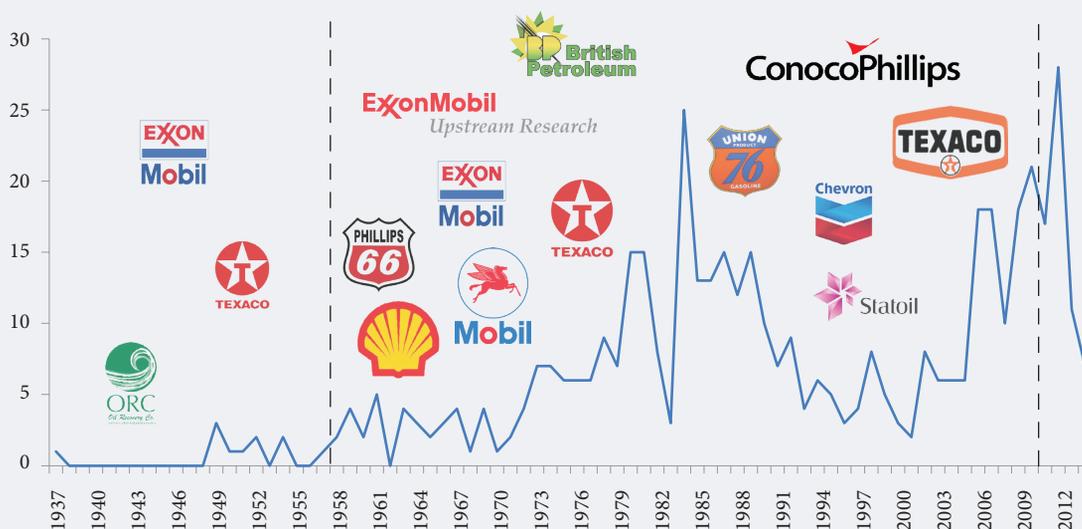
тов, зарегистрированных в течение одного года, составило 26, став иллюстрацией революционных изменений в рассматриваемой технологии. Столь быстрый рост можно объяснить различными событиями, такими как война эмбарго, которая привела к большим колебаниям нефтяных цен. Этот факт отображен на рис. 9.

Колебания нефтяных цен оказали серьезное влияние на технологии нефтяной индустрии, включая нагнетание CO₂. Тренд динамики патентных заявок, очевидно, коррелирует с изменениями цен на нефть, несмотря на то что технология нагнетания CO₂ оказалась под влиянием и других факторов, включая распространение возобновляемых энергоносителей, экологические проблемы и появление в этой области новых разработок.

Рис. 10 иллюстрирует динамику активности компаний во времени. Пристальный интерес к этой, в то время еще практически неизвестной⁵, технологии бизнес начал проявлять с 1957 г. Результаты моделирования S-кривой для технологии нагнетания CO₂ и полученные данные демонстрируются и обсуждаются далее.

Согласно рис. 11, период 1937–1957 гг. характеризовался медленным ростом числа патентов на технологию нагнетания CO₂. Точка перегиба S-кривой, судя по имеющимся данным, находится между 1985 и 1995 гг. Затем рост замедлился и может достигнуть конечной точки насыщения, которая прогнозируется на период 2040–2050 гг.

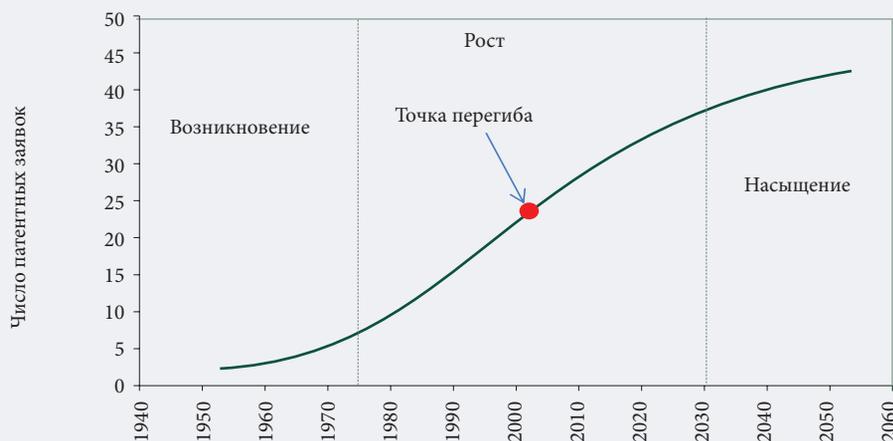
Рис. 10. Динамика патентной активности компаний нефтегазового сектора в области технологии нагнетания CO₂ (число ежегодно регистрируемых патентных заявок)



Источник: составлено авторами.

⁵ «Неизвестной» считается новая технология, случаев воспроизведения которой не зафиксировано.

Рис. 11. Цикл S-кривой



Источник: составлено авторами.

Заключение

В основу нашего исследования положен частотный анализ патентной активности, экстраполированный на модель S-кривой, описывающей траекторию технологического развития применительно к технологии нагнетания CO₂. Патентные заявки, имеющие отношение к ней, распределились по трем периодам. На этапе зарождения и начала внедрения технологии (1937–1957 гг.) патентная активность росла медленно. Ряд масштабных событий 1958–1988 гг., включая нефтяной кризис и высокие цены на нефть, заметно стимулировали рост патентования в указанном направлении. В дальнейшем, несмотря на колебания патентной активности, общий коэффициент ее прироста оставался постоянным. Анализ трендов и жизненного цикла (S-кривая) свидетельствует, что технология нагнетания CO₂ находится в периоде зрелости, а стадия насыщения предположительно будет достигнута в 2040–2050 гг.

В статье рассмотрены принципы и инструментарий оценки уровня технологий на разных стадиях развития (от возникновения до насыщения), базирующиеся на экспертизе опубликованных патентных заявок. Описанные методы могут применяться компаниями и инвесторами для мониторинга технологий путем помещения патентов на S-кривую. Статус технологии можно оценить, исходя из магнитуды и продолжительности S-кривой. Результаты нашей работы могут стать весомым логическим обоснованием для проведения патентного анализа в рамках технологического прогнозирования. Авторы статьи апробировали рассматриваемую модель к прогнозному анализу технологии нагнетания CO₂ в EOR.

Дальнейшие усилия будут направлены на разработку усовершенствованной версии предлагаемого подхода с применением глубинного анализа данных и ее апробацию на примере не только распространенных, но и других возникающих технологий.

Библиография

- Amy J.C.T., Charles V.T. (2008) An R&D knowledge management method for patent document summarization // *Industrial Management & Data Systems*. Vol. 108. № 2. P. 245–257. DOI: 10.1108/02635570810847608.
- Basberg B.L. (1987) Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature // *Research Policy*. Vol. 16. № 2. P. 131–141.
- Chen Y.-H., Chen C.-Y., Lee S.-C. (2011) Technology forecasting and patent strategy of hydrogen energy and fuel cell technologies // *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 36. № 12. P. 6957–6969.
- Daim T.U., Rueda G., Martin H., Gerdts P. (2006) Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 73. № 8. P. 981–1012.
- DOE (2011) Improving Domestic Energy Security and Lowering CO₂ Emissions with “Next Generation” CO₂-Enhanced Oil Recovery (CO₂-EOR) (DOE/NETL-2011/1504). Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory.
- Dou H. J.-M. (2004) Benchmarking R&D and companies through patent analysis using free databases and special software: A tool to improve innovative thinking // *World Patent Information*. Vol. 26. № 4. P. 297–309.
- Ernst H. (2003) Patent information for strategic technology management // *World Patent Information*. Vol. 25. № 3. P. 233–242.
- Gao L., Porter A. L., Wang J., Fang S., Zhang X., Ma T., Wang W., Huang L. (2013) Technology life cycle analysis method based on patent documents // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 80. № 3. P. 398–407.
- Intepe G., Koc T. (2012) The Use of S-Curves in Technology Forecasting and its Application on 3D TV Technology // *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*. Vol. 6. № 11. P. 2491–2495.
- Little A.D. (1981) *The Strategic Management of Technology*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Malik Q.M., Islam M.R. (2000) CO₂ Injection in the Weyburn Field of Canada: Optimization of Enhanced Oil Recovery and Greenhouse Gas Storage With Horizontal Wells. Paper presented at the SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium, 3–5 April, 2000, Tulsa, Oklahoma.
- Mogee M.E. (1991) Using patent data for technology analysis and planning // *Research-Technology Management*. Vol. 34. № 4. P. 43–49.