Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2024, Том 16, № 4 / 2024, Vol. 16, Iss. 4 https://esj.today/issue-4-2024.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/15NZVN424.pdf

2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Зиновьев, А. М. Современные технологические вызовы и тренды в области разработки месторождений высоковязкой нефти и природного битума / А. М. Зиновьев, Р. Ш. Зиганшин, М. А. Давыдов, А. В. Никитин, М. А. Шейкина, М. С. Куприянова, Н. С. Бодоговский // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/15NZVN424.pdf

For citation:
Zinovev A.M., Ziganshin R.Sh., Davydov M.A., Nikitin A.V., Sheikina M.A., Kupriyanova M.S., Bodogovsy N.S. Modern technological challenges and trends in the development of heavy oil and natural bitumen fields. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(4): 15NZVN424. Available at: https://esj.today/PDF/15NZVN424.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

Зиновьев Алексей Михайлович
ООО «Самарский научно-исследовательский и проектный институт нефтедобычи», Самара, Россия
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: Lekso1988@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=327270

Зиганшин Раис Шамильевич
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
Аспирант
E-mail: pauc97@gmail.com
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1134747

Давыдов Михаил Анатольевич
ООО «Самарский научно-исследовательский и проектный институт нефтедобычи», Самара, Россия
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
E-mail: mishad.davidov@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1234276

Никитин Александр Валерьевич
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
Аспирант
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=877025

Шейкина Марина Александровна
ООО «Самарский научно-исследовательский и проектный институт нефтедобычи», Самара, Россия
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=886713

Куприянова Марина Сергеевна
АО «Самаранефтегаз», Самара, Россия
Ведущий экономист
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия

Бодоговский Никита Сергеевич
ООО «Самарский научно-исследовательский и проектный институт нефтедобычи», Самара, Россия
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия
Аспирант

Современные технологические вызовы и тренды в области разработки месторождений высоковязкой нефти и природного битума

Аннотация. В настоящее время мировая нефтегазовая промышленность развивается с учетом многочисленных технологических, экологических и политических вызовов. Одним из ключевых вопросов является эксплуатация месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородного сырья: высоковязкой нефти, природного битума, нефти и газа низкопроницаемых коллекторов. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, мировое потребление высоковязкой нефти и природного битума сохранится как минимум на уровне 1,5 миллионов баррелей в сутки даже в 2050 году.

Авторами данной работы для исследования ключевых трендов была выполнена серия сбора статистических данных на основе базы-агрегатора Google Scholar на периоде 2014–2022 гг. Установлено, что в русскоязычном сегменте наибольший рост количества публикаций отмечается у термина-запроса «декарбонизация»: отмечается рост в 11,6 раза за период 8 лет. Практически одинаковую динамику роста показывают термины-запросы «углекислый газ нефть» и «закачка пара нефть»: отмечается увеличение количества публикаций более чем в два раза. Наибольший рост числа публикаций отмечается у термина-запроса «decarbonization» (декарбонизация): отмечается сильный рост количества публикаций более чем в 19 раз за 8 лет. Это коррелирует с запросом этого же термина на русском языке, где отмечается рост публикаций в 4,4 раза на аналогичном периоде.

Таким образом, возможно сделать следующие выводы. Во-первых, разработка месторождений высоковязкой нефти и природного битума будет продолжаться, в том числе согласно прогнозу МЭА до 2050 года. Во-вторых, наибольшую перспективу развития будут иметь низкоуглеродные технологии эффективного извлечения высоковязкой нефти, такие как применение генерации тепла и электроэнергии с CCS/CCUS, закачка углекислого газа в пласты. Разработка и совершенствование таких технологий является актуальной задачей.

Ключевые слова: высоковязкая нефть; природный битум; добыча нефти; углеродный менеджмент; интенсификация добычи нефти; реологические свойства; анализ данных

На современном этапе мировая нефтегазовая промышленность развивается с учетом многочисленных технологических, экологических и политических вызовов. Одним из ключевых вопросов является эксплуатация месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородного сырья: высоковязкой нефти, природного битума, нефти и газа низкопроницаемых коллекторов. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, мировое потребление высоковязкой нефти и природного битума сохранится как минимум на уровне 1,5 миллионов баррелей в сутки даже в 2050 году.[1] В таблице 1 представлен прогноз МЭА по ключевым показателям потребления различных видов нефти и некоторых топлив.[1]

[1] World Energy Outlook 2023. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023.

Таблица 1

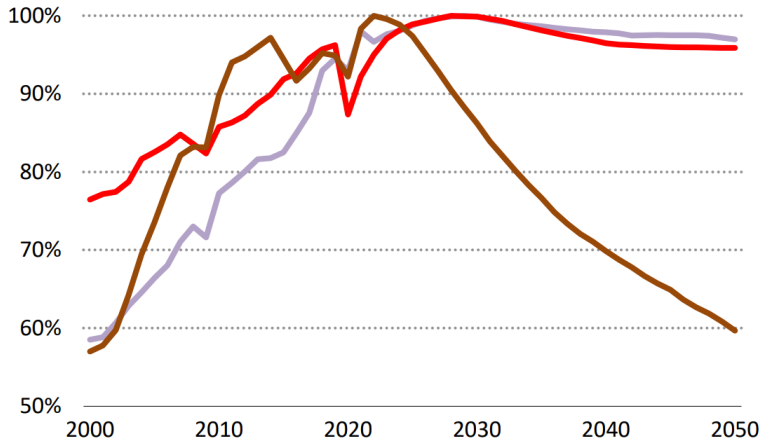
Мировой спрос и потребление нефти по различным сценариям, миллионов баррелей в сутки (по данным Международного энергетического агентства, World Energy Outlook 2023)

			STEPS		APS		NZE	
	2010	2022	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Мировой спрос на нефть	**87,1**	**96,5**	**101,5**	**97,4**	**92,5**	**54,8**	**77,5**	**24,3**
Жидкие биотоплива	1,2	2,2	3	4,5	4,8	7	5,6	5,4
Топлива на основе водорода	—	—	0	0,2	0,2	3,6	0,7	6
Мировой спрос на жидкие у/в	**88,4**	**98,7**	**104,5**	**102,1**	**97,5**	**65,4**	**83,7**	**35,7**
Традиционная сырая нефть	67,4	62,8	61,3	58,2	54,9	29,8	48	15,8
Нефть низкопроницаемых коллекторов	0,7	8,3	11,1	10,2	10,3	6,9	7,6	1,8
Сжиженный природный газ	12,7	19	21,2	19,4	20,1	13,6	16,2	4,4
Высоковязкая нефть и природный битум	2	3,7	4,4	5,5	3,9	2,5	3	1,5
Другие углеводороды	0,5	0,9	1	1,2	0,9	0,3	0,3	0
Мировая добыча нефти	83,1	94,8	99,1	94,5	90,2	53,1	75,1	23,5
Мировые поставки нефти	85,3	97,1	101,5	97,4	92,5	54,8	77,5	24,3
Данные МЭА по стоимости сырой нефти, $/баррель (по курсу 2022 года)	103	98	85	83	74	60	42	25

Составлено авторами

Таким образом, совершенствование технологий эффективной разработки месторождений высоковязкой нефти и природного битума является актуальной научно-практической задачей как минимум на период до 2050 года. Следует также учитывать значительные запасы природного битума и высоковязкой нефти в мире [1].

Авторами данной работы выполнен анализ других данных отчета «World Energy Outlook 2023» Международного энергетического агентства.



Фиолетовая линия — природный газ, красная линия — нефть, коричневая — уголь

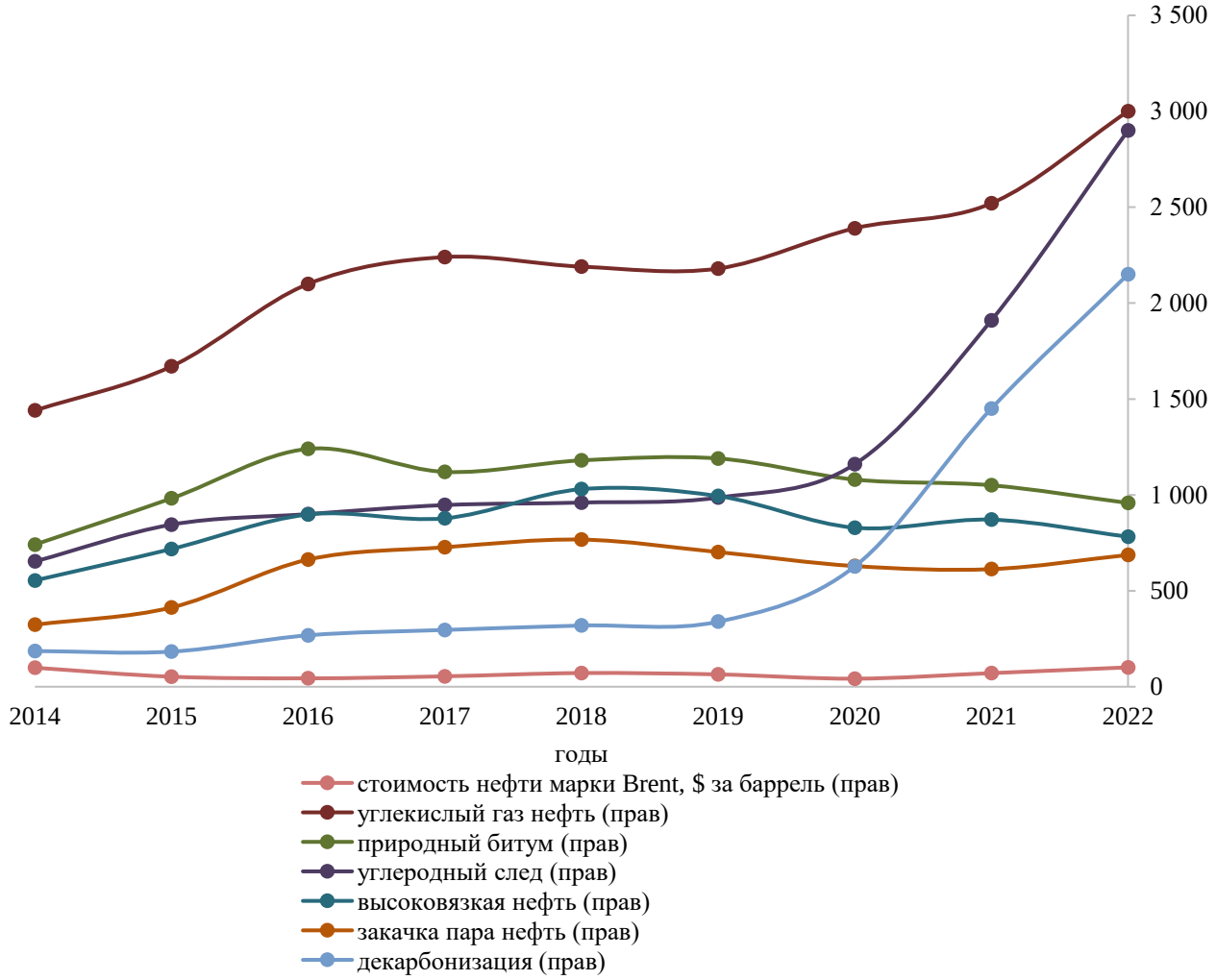
Рисунок 1. *Потребление ископаемого топлива по видам в период 2000–2050 гг.*[1]

Как видно из представленного графика-прогноза, природный газ и нефть будут продолжать пользоваться стабильным спросом. Также в данном отчете представлен мировой спрос на различные виды углеводородов по различным сценариям.

Другой важной задачей, определенной на государственном уровне, является необходимость сокращения выбросов парниковых газов («Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 3052-р) [2–4].

Авторами данной работы для исследования ключевых трендов была выполнена серия сбора статистических данных на основе базы-агрегатора Google Scholar. Для исследования динамики ключевых трендов была выбрана группа терминов, по мнению авторов, наиболее подходящая к определению трендов развития разработки месторождений высоковязкой нефти, по следующим тематикам: «высоковязкая нефть» и «heavy oil» (термин в целом), «углеродный след» и «carbon footprint», «CCUS» (carbon capture, utilization and storage — улавливание, использование и хранение углерода), «декарбонизация» и «decarbonization» (сокращение выбросов парниковых газов), «закачка пара нефть» и «steam injection oil» (в качестве основного метода увеличения нефтеотдачи пластов).

На рисунке 2 представлены данные русскоязычного сегмента публикаций по выбранным тематикам с 2014 по 2022 годы. Данные по 2023 году не включены, поскольку отсутствует информация о полноценной индексации в базах данных всех публикаций, изданных в 2023 году.



Приписка (прав) в скобках обозначает принадлежность значений к шкале правой оси

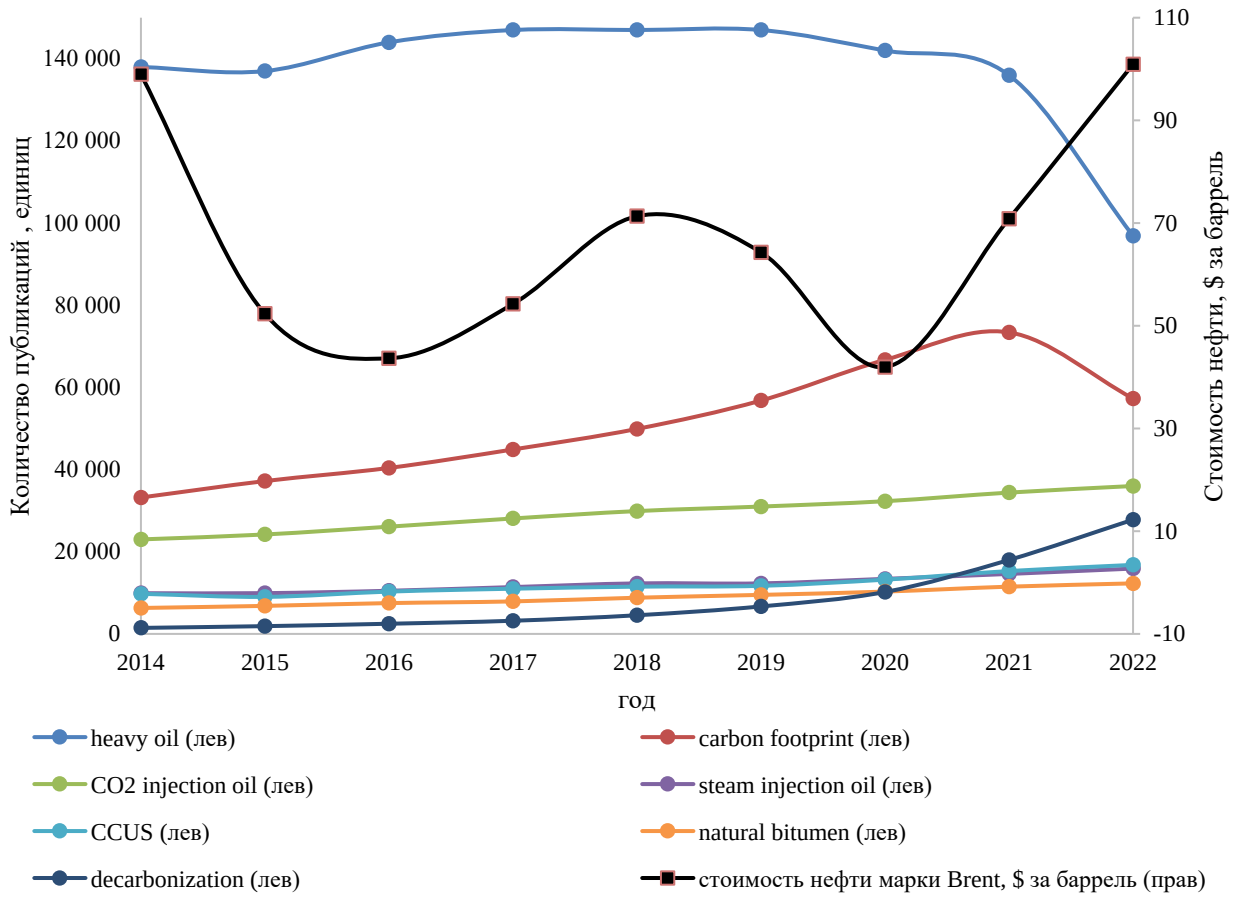
Рисунок 2. *Данные по исследованию динамики количества публикаций (ось Y) по выделенным тематикам в русскоязычном сегменте Google Scholar и стоимость нефти марки Brent (в долларах) с 2014 по 2022 годы (составлено авторами)*

Согласно выполненному сбору данных, отмечается ряд трендов по научным работам направления «нефтедобыча», опубликованным на русском языке. Наибольший рост количества публикаций отмечается у термина-запроса «декарбонизация»: в 2014 году было опубликовано

186 научных работ, в 2022 — 2 150, таким образом отмечается рост в 11,6 раза за период 8 лет. Также динамику существенного роста показывает термин-запрос «углеродный след»: в 2014 году было опубликовано 653 работы, в 2022 — 2 900 публикаций, отмечается рост в 4,4 раза. Практически одинаковую динамику роста показывают термины-запросы «углекислый газ нефть» и «закачка пара нефть»: отмечается увеличение количества публикаций более чем в два раза. На аналогичном периоде отмечен рост у терминов-запросов «природный битум» (в 1,3 раза), «высоковязкая нефть» (в 1,4 раза).

На основе выполненного анализа, возможно сделать следующие выводы. Сильный и стабильный рост тренда на сокращение выбросов парниковых газов, на декарбонизацию (в том числе нефтегазодобывающих компаний) несомненно, может оказать влияние на реализацию проектов термического воздействия на продуктивные пласты с высоковязкой нефтью и природным битумом. Ввиду этого возможно более активное развитие технологий разработки месторождений высоковязкой нефти в Российской Федерации без применения термического воздействия, так называемыми «холодными» способами или внедрение технологий улавливания и хранения углекислого газа на промысловых объектах генерации тепловой и электрической энергии.

Также была изучена динамика публикационной активности по выделенным тематикам за рубежом, с использованием запросов на английском языке.



Приписка («прав») в скобках обозначает принадлежность значений к шкале правой оси, приписка («лев») обозначает принадлежность значений к шкале левой оси

Рисунок 3. *Данные по исследованию динамики количества публикаций (ось Y, левая) по выделенным тематикам в англоязычном сегменте Google Scholar и стоимость нефти марки Brent (в долларах, ось Y, правая) с 2014 по 2022 годы (составлено авторами)*

Согласно выполненному сбору данных, отмечается ряд трендов по научным работам, опубликованным на английском языке. Наибольший рост числа публикаций отмечается у термина-запроса «decarbonization» (декарбонизация): в 2014 году было опубликовано 1 460 научных работ, в 2022 — 27 800, таким образом, отмечается сильный рост количества публикаций более чем в 19 раз за 8 лет. Это коррелируется с запросом этого же термина на русском языке, где отмечается рост публикаций в 4,4 раза на аналогичном периоде.

На второй позиции в данном списке по динамике роста запрос «natural bitumen» с приростом в 1,9 раза на промежутке 2014–2022 гг. Прирост количества публикаций по запросам «carbon footprint», «CCUS» составил 1,7 раза. По запросам «CO_2 injection oil» и «steam injection oil» рост составил 1,6 раза на аналогичном другим запросам интервале. При этом отмечается снижение на 30 % количества публикаций по запросу-термину «heavy oil» (тяжелая нефть). Авторы данной работы считают, что ввиду широкого ввода в США, Канаде и других англоязычных странах, объектов с низкопроницаемыми коллекторами, часть зарубежных исследователей могла переориентировать свои усилия на исследования в данной области.

Также выполнен анализ трендов по мировому энергопотреблению. Согласно данным исследовательской компании Enerdata (Франция), рост мирового энергопотребления замедлился в 2022 году (+2,1 %), но остался выше среднего темпа роста в 2010–2019 годах (+1,4 % в год).[2]

Данные из отчета Enerdata (цитата, переведено с английского языка): «В 2022 году рост энергопотребления замедлился в двух крупнейших странах-потребителях: в Китае, крупнейшем потребителе энергии в мире (25 % в 2022 году), он увеличился на 3 % (по сравнению с +5,2 % в 2021 году), а вырос на 1,8 % в США (+4,9 % в 2021 г.). Сильный экономический рост привел к росту потребления энергии в Индии (+7,3 %), Индонезии (+21 %) и Саудовской Аравии (+8,4 %), а также в меньшей степени в Канаде (+3,8 %) и в Латинской Америке (+2,7 %), в том числе +2,4 % в Бразилии и Мексике и +4,5 % в Аргентине). Он также увеличился примерно на 3 % на Ближнем Востоке и в Африке (несмотря на падение потребления на 4,5 % в Южной Африке из-за напряженности в поставках угля и вынужденного сброса нагрузки в энергетическом секторе). Напротив, в Европе потребление первичной энергии снизилось (-4 %, в том числе -4,4 % в ЕС и около -3 % в Великобритании и Турции), на фоне роста цен на энергоносители и более умеренной ситуации. Температура побудила промышленных и бытовых потребителей сократить спрос на энергию. В СНГ потребление энергии снизилось на 3,2 %. Потребление энергии в странах Азии: ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития) оставалось в целом стабильным или слегка снизилось (-1,1 % в Японии)».[2] Таким образом, согласно данному источнику, мировой тренд на увеличение энергопотребления в целом сохраняется.

В настоящее время принято делить методы воздействия на пласты с высоковязкой нефтью и природного битума на термические, нетермические («холодные») и комплексные [5]. Следует отметить, что разработка месторождений высоковязкой нефти также осложняется и проявляющимися данными нефтями аномальными реологическими свойствами, в том числе при взаимодействии с различными реагентами [6–12].

Термические методы воздействия на пласт предусматривают либо прохождение экзотермической реакции в самом пласте-коллекторе (различные виды внутрипластового горения), либо закачку термического агента — пара, горячей воды, горячего растворителя [13–17]. В условиях необходимости сокращения выбросов парниковых газов именно эти технологии могут оказаться под существенным давлением с формированием технологического вызова «обеспечение генерации низкоуглеродной тепловой энергии для добычи высоковязкой

[2] Total energy consumption. URL: https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html.

нефти». При этом следует учитывать, что само производство не может единовременно перестроиться с учетом современных трендов и требований. Необходимо и далее прорабатывать технологические возможности генерации тепла без увеличения выбросов парниковых газов: электрический нагрев теплоносителя и самого пласта-коллектора, применение низкоуглеродных источников тепловой и электрической энергии (солнечные теплоэлектростанции, атомные электростанции), применение технологий улавливания и компримирования с дальнейшей закачкой в пласт углекислого газа на объектах генерации на месторождениях высоковязкой нефти. Кроме того, возможно обеспечивать комплексирование термических технологий воздействия на продуктивный пласт с другими технологиями для сокращения расхода теплоносителя, и, соответственно, паронефтяного отношения. Например, применение реагентов-растворителей на углеводородной основе позволяет повысить эффективность пароциклических обработок пласта (Рощин П.В., Петухов А.В. и др.) и процесса гравитационного дренирования при закачке пара (SAGD — steam assisted gravity drainage) [11; 12]. Высокие перспективы также имеет применение технологии термогазохимического воздействия на пласт (ТГХВ) [18].

Нетермические, «холодные» методы увеличения нефтеотдачи пластов в настоящее время имеют ряд преимуществ. Отсутствует необходимость подготовки, нагрева и закачки в пласт теплоносителя. Соответственно в проекте отсутствует крупный источник выбросов парниковых газов — котельная для производства пара.

К перспективным методам воздействия на пласт возможно отнести закачку углекислого газа в жидком или сверхкритическом состоянии [19; 20]. Благодаря высокой растворимости в нефти и снижением ее вязкости, набуханием и рядом других эффектов метод имеет ряд преимуществ. Закачка углекислого газа на постоянной основе может помочь сократить выбросы на данном объекте и соседних крупных источниках выбросов углекислого газа. К недостаткам возможно отнести необходимость использования набора методов для предотвращения промыслового оборудования и коммуникаций из-за высокой коррозионной активности диоксида углерода в присутствии водной фазы. Кроме того, могут происходить прорывы углекислого газа к добывающим скважинам.

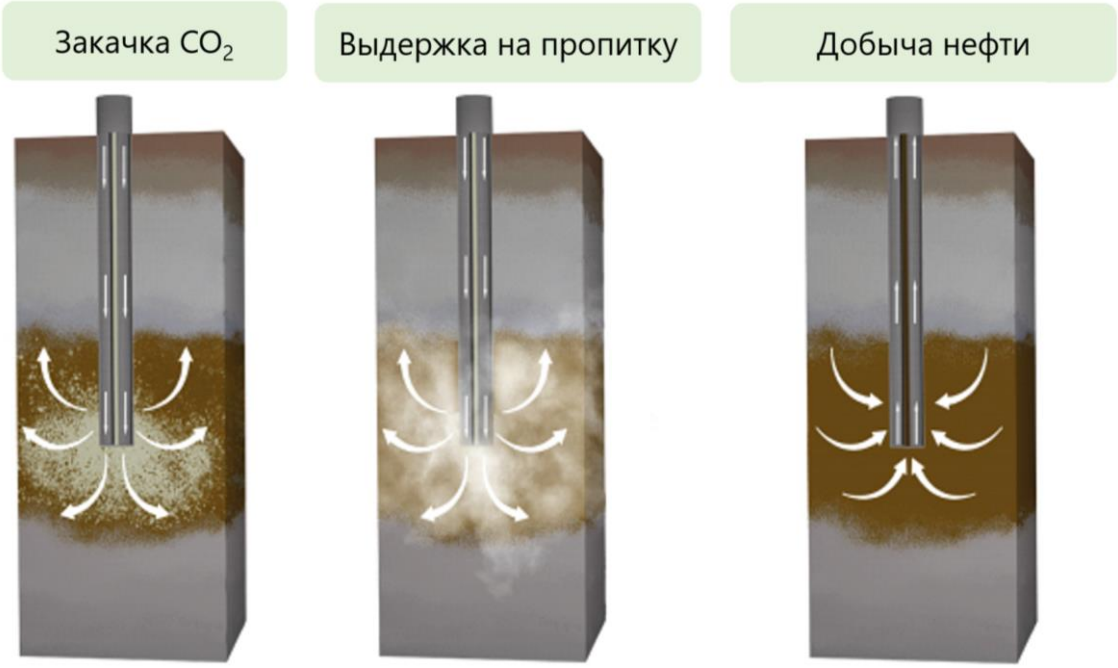


Рисунок 4. *Газоциклическая обработка добывающей скважины углекислым газом (составлено авторами)*

Также следует отметить необходимость проведения предварительных испытаний на совместимость углекислого газа и нефти в пластовых условиях. Результатом смешения нефти и диоксида углерода может быть появление осадка асфальтеносмолопарафиновых веществ, что приведет к кольматации призабойной зоны пласта добывающих скважин. Проанализированные выше тренды публикационной, научной активности подтверждают важность развития данного направления исследований.

В настоящее время также целесообразно рассмотрение применения химических методов воздействия на пласты высоковязкой нефти и природного битума, в том числе такие методы как извлечение нефти конденсирующимися углеводородными газами с различными комбинациями технологий (VAPEX — vapour extraction), разработки которых активно велись в Канаде с 1990 года [21].

Следует отметить, что относящийся к нетермическим карьерный метод извлечения высоковязкой нефти и природного битума оказывает существенное влияние на окружающую среду. Отмечаются как высокие выбросы парниковых газов (особенно метана), так и негативное экологическое воздействие на окружающую среду от разрастающихся по площади карьеров, что характерно для Канады (нефтяные пески Атабаски и т. д.) [22; 23].

Таким образом, на основе выполненного анализа научных источников, сделаны следующие выводы.

Во-первых, разработка месторождений высоковязкой нефти и природного битума будет продолжаться, в том числе согласно прогнозу МЭА до 2050 года.

Во-вторых, наибольшую перспективу развития будут иметь низкоуглеродные технологии эффективного извлечения высоковязкой нефти, такие как применение генерации тепла и электроэнергии с CCS/CCUS, закачка углекислого газа в пласты. Разработка и совершенствование таких технологий является актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярбобоев Т.Н. и др. Non-traditional oils: Analysis of regional distribution and reserves of heavy oil and natural bitumen //Бюллетень науки и практики. — 2020. — Т. 6. — № 7. — С. 226–234.
2. Грушевенко Е. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России / Е. Грушевенко и др. — Центр энергетики МШУ "Сколково", 2021 (март). — 158 с.
3. Никитин А.В., Рощин П.В., Савельев А.А., Огородникова Е.М., Изотенко Е.В., Рашевская Ю.А., Гилаев Г.Г. Углеродный след продукции в современных условиях. Нефть. Газ. Новации. 2023. № 7(272). С. 11–17.
4. Рашевская Ю.А., Рощин П.В., Губа А.С., Савельев А.А., Никитин А.В. Метан и углекислый газ в российском законодательстве. Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 2. URL: https://esj.today/PDF/15NZVN223.pdf?ysclid=lz6h68ly1e325172270.
5. Киреев И.И., Рощин П.В., Демин С.В. Интенсификация добычи высоковязкой нефти. Деловой журнал Neftegaz.RU. 2020. № 4(100). С. 88–91.
6. Девликамов В.В., Хабибуллин З.А., Кабиров М.М. Аномальные нефти. -М.: Недра, 1975. — 168 с.

7. Зиновьев А.М., Бормонтов А.А., Рощин П.В., Литвин В.Т., Рязанов А.А. Анализ результатов опытно-промышленных испытаний реагента-растворителя на Стреловском месторождении высоковязкой нефти. Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 11-3(65). С. 142–147.

8. Литвин В.Т., Рощин П.В. Изучение влияния растворителя "НЕФРАС С2-80/120" на реологические свойства парафинистой высоковязкой нефти Петрухновского месторождения. Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. 2013. № 1. С. 127–130.

9. Никитин А.В., Рощин П.В., Кожин В.Н., Демин С.В., Киреев И.И., Пчела К.В., Стручков И.А., Литвин А.Т. Подбор компонентов комплексной кислотной обработки карбонатных коллекторов для интенсификации добычи высоковязкой нефти. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2020. № 5. С. 35–39.

10. Стручков И.А., Хамитов И.Г., Рощин П.В., Манасян А.Э. Физико-химические методы борьбы с осложнениями при эксплуатации месторождения парафинистой нефти. Нефтепромысловое дело. 2016. № 4. С. 48–52.

11. Roschin P.V., Vasquez Cardenas L.C., Petukhov A.V., Mikheyev A.I. Experimental investigation of heavy oil recovery from fractured-porous carbonate core samples by secondary surfactant-added injection. В сборнике: Society of Petroleum Engineers — SPE Heavy Oil Conference Canada 2013. 2013. С. 1649–1654.

12. Terentiyev A.A., Roschin P.V., Nikitin A.V., Kozhin V.N., Pchela K.V., Kireyev I.I., Demin S.V., Litvin A.T., Struchkov I.A. Wait or get the oil: how SAGD technology implementation options will vary future production. В сборнике: Society of Petroleum Engineers — SPE Russian Petroleum Technology Conference 2020, RPTC 2020. 2020. URL: https://onepetro.org/SPERPTC/proceedings-abstract/20RPTC/2-20RPTC/450293.

13. Гилаев Г.Г., Афанасьев И.С., Павлов В.А., Саляев В.В., Стрельцов Ф.С., Хамитов И.Г. Начало нового этапа в освоении месторождений высоковязких нефтей и природных битумов в России. Нефтяное хозяйство. 2011. № 6. С. 6–9.

14. Гилаев Г.Г., Кошелев А.Т., Фоку Ж. Термоволновые методы повышения нефтеотдачи пластов // Освоение месторождений трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей. В сборнике: Освоение и добыча трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей. 4-я Международная конференция. 2004. С. 18–21.

15. Дарищев В.И., Славкина О.В., Маланий С.Я., Бакуменко Е.А., Недорубов А.В., Широков А.А., Вахин А.В. Результаты и перспективы применения тепловых методов воздействия на месторождениях высоковязкой нефти ООО "РИТЭК". Нефть. Газ. Новации. 2022. № 2(255). С. 24–28.

16. Петров Н.А., Мизякин Ю.К., Пчела К.В., Гилаев Г.Г., Манасян А.Э., Амиров А.А. Направления совершенствования технологий освоения залежей тяжелой нефти на примере Карабикуловского месторождения. Нефтепромысловое дело. 2017. № 3. С. 26–32.

17. Рощин П.В., Рогачев М.К., Васкес Карденас Л.К., Кузьмин М.И., Литвин В.Т., Зиновьев А.М. Исследование кернового материала Печерского месторождения природного битума с помощью рентгеновского компьютерного микротомографа SkyScan 1174V2. Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 8-2(15). С. 45–48.

18. Михайлов А.В., Пчела К.В., Киреев И.И. Прогнозная оценка эффективности применения технологии интенсификации добычи ВВН методом термогазохимического воздействия на месторождениях АО "Самаранефтегаз". Ашировские чтения. 2022. Т. 2. № 1(13). С. 104–107.

19. Дарищев В.И., Харланов С.А., Бабинец Ю.И., Зиновьев А.В., Антонова Д.О. Реализация технологии закачки CO_2 huff & puff как метода интенсификации добычи высоковязкой нефти. Бурение и нефть. 2023. № 3. С. 18–23.

20. Зиганшин Р.Ш., Маргачев Д.А., Зиновьев А.М., Никитин А.В., Давыдов М.А., Соболева Е.И. Методология формирования перечня скважин — кандидатов для циклической обработки углекислым газом. Нефть. Газ. Новации. 2023. № 8(273). С. 97–100.

21. Mokrys I.J., Butler R.M. The rise of interfering solvent chambers: solvent analog model of steam-assisted gravity drainage // Journal of Canadian Petroleum Technology. — 1993. — Т. 32. — № 03. URL: https://www.spe.org/en/canada/pages/general/jcpt/.

22. Charpentier A.D., Bergerson J.A., MacLean H.L. Understanding the Canadian oil sands industry’s greenhouse gas emissions // Environmental research letters. — 2009. — Т. 4. — № 1. — С. 014005.

23. Jones N. Canada's oil sands spew massive amounts of unmonitored polluting gases // Nature. — 2024. URL: https://www.nature.com/articles/d41586-024-00203-8.

Zinovev Aleksey Mihailovih
Samara Scientific Research and Project Institute of Oil Production, Samara, Russia
Samara State Technical University, Samara, Russia
E-mail: Lekso1988@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=327270

Ziganshin Rais Shamilevich
Samara Scientific Research and Project Institute of Oil Production, Samara, Russia
E-mail: pauc97@gmail.com
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1134747

Davydov Mikhail Anatolievich
Samara Scientific Research and Project Institute of Oil Production, Samara, Russia
Samara State Technical University, Samara, Russia
E-mail: mishad.davidov@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1234276

Nikitin Aleksandr Valer'evich
Samara State Technical University, Samara, Russia
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=877025

Sheikina Marina Alexandrovna
Samara Scientific Research and Project Institute of Oil Production, Samara, Russia
Samara State Technical University, Samara, Russia
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=886713

Kupriyanova Marina Sergeevna
Joint-Stock Company «Samaraneftegaz», Samara, Russia
Samara State Technical University, Samara, Russia

Bodogovsy Nikita Sergeevich
Samara Scientific Research and Project Institute of Oil Production, Samara, Russia
Samara State Technical University, Samara, Russia

Modern technological challenges and trends in the development of heavy oil and natural bitumen fields

Abstract. Currently, the global oil and gas industry is evolving in the face of numerous technological, environmental and political challenges. One of the key issues is the exploitation of fields with hard-to-recover hydrocarbon reserves: heavy oil, natural bitumen, oil and gas from low-permeability reservoirs. Global consumption of heavy crude oil and natural bitumen will remain at least 1,5 million barrels per day even in 2050, according to International Energy Agency forecasts.

To study key trends, the authors of this work carried out a series of statistical data collections based on the Google Scholar aggregator database for the period 2014–2022. It has been established that in the Russian-language segment, the greatest increase in the number of publications is observed for the query term «decarbonization»: there is an increase of 11,6 times over a period of 8 years. Almost the same growth dynamics are shown by the query terms «carbon dioxide oil» and «injection of steam oil»: there is an increase in the number of publications by more than two times. The greatest increase in the number of publications is observed for the query term «decarbonization»: there is a strong increase in the number of publications by more than 19 times in 8 years. This correlates with the search for the same term in Russian, where there is a 4,4-fold increase in publications over the same period.

Thus, it is possible to draw the following conclusions. Firstly, the development of deposits of heavy oil and natural bitumen will continue, including according to the IEA forecast until 2050. Secondly, low-carbon technologies for the efficient extraction of high-viscosity oil, such as the use of heat and electricity generation with CCS/CCUS, and injection of carbon dioxide into reservoirs, will have the greatest development prospects. The development and improvement of such technologies is an urgent task.

Keywords: heavy oil; natural bitumen; oil production; carbon management; oil recovery enhancement; rheological properties; data analysis