

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕСЕРВИСНОЙ ОТРАСЛИ

TECHNOLOGICAL TRENDS OF OIL SERVICE INDUSTRY DEVELOPMENT

А. В. Белошицкий
Aleksey V. Beloshitsky

АО «Башнефтегеофизика»,
г. Уфа, Российская Федерация

Bashneftegeofizika JSC,
Ufa, Russian Federation

В статье проведен анализ отечественных технологий, используемых в добыче нефти на традиционных месторождениях, в разработке трудно-извлекаемых запасов углеводородов, а также шельфовых месторождений. Приведены результаты анализа инновационных программ развития крупнейших нефтегазовых компаний: «Роснефть», «Газпром», «Газпромнефть» и «Зарубежнефть». В ходе проведенного исследования определено, что нефтегазовые компании уделяют внимание технологиям освоения нетрадиционных ресурсов, повышения эффективности разработки действующих месторождений, освоения углеводородов на континентальном шельфе; разработке и внедрению технологий моделирования нефтегазовых систем и выявления перспективных участков, в число которых входят технологии подводных добычных систем, эксплуатации промышленного оборудования в условиях Крайнего Севера, интеллектуального управления процессами добычи углеводородов; комплексу технологий, направленных на повышение продуктивности скважин; искусственному интеллекту, интернету вещей, концепции «автоматического промысла» и «безлюдной платформы».

Обоснована зависимость эффективности функционирования нефтяной промышленности от развития рынка нефтесервисных услуг. Выявлены направления развития технологий, во внедрении которых заинтересованы нефтегазовые компании в настоящее время. Дана характеристика инновационных технологий, позволяющих повышать эффективность процессов разведки и добычи углеводородного сырья; на основе этого определены технологические тренды в нефтесервисной отрасли: технологии многостадийного гидроразрыва горизонтальных скважин, химического заводнения пласта, технологии «BigData», визуализации многомерных массивов информации, геологического и гидродинамического моделирования залежи, технологии цифрового анализа пластового материала и флюидов, машинного обучения или интеллектуального анализа данных. Освещены вопросы разработки стратегий инновационного развития нефтесервисной отрасли. Раскрыты существующие проблемы нефтесервисных компаний в области технологического развития.

The article analyzes domestic technologies used in the extraction of oil in traditional fields, in the development of hard-to-recover hydrocarbon reserves, as well as offshore fields. The results of the analysis of innovative development programs of the largest oil and gas companies: Rosneft, Gazprom, Gazprom Neft and Zarubezhneftare are presented. In the course of the study, it was determined that oil and gas companies pay attention to technologies for developing unconventional resources, increasing the efficiency of developing existing fields, developing hydrocarbons on the continental shelf, developing and implementing

Ключевые слова

нефтесервис,
разведка и добыча нефти,
трудно-извлекаемые запасы нефти,
технология, инновация,
тренд, импортозамещение

Key words

oilfield services,
oil exploration and production,
hard-to-extract oil reserves,
technology, innovation, trend,
import substitution

technologies for modeling oil and gas systems and identifying promising areas, including subsea production systems field equipment in the Far North, intelligent control of hydrocarbon production processes; a set of technologies aimed at improving the wells productivity; artificial intelligence, the Internet of things, the concept of «intelligent field» and «intelligent platform».

The dependence of the efficiency of the oil industry on the development of the oilfield services market has been substantiated. The directions for the development of technologies, in the implementation of which oil and gas companies are interested at present, are identified. The characteristics of innovative technologies allowing to increase the efficiency of hydrocarbon exploration and production processes are given, on the basis of which technological trends in the oil service industry are identified: technology for multi-stage hydraulic fracturing of horizontal wells, chemical flooding, BigData technology, visualization of multidimensional information arrays, geological and hydrodynamic modeling of the reservoir, technologies for digital analysis of reservoir material and fluids, machine learning or intelligent analog from the data. The issues of developing strategies for the innovative development of the oilfield services industry are covered. The existing problems of oilfield service companies in the field of technological development are revealed.

В России уровень развития собственных технологий значительно ниже передового мирового опыта, наблюдается достаточно серьезная зависимость от импорта, в особенности, в сфере разработки трудно-извлекаемых углеводородов. Введенные в 2014 г. санкции против России ограничили поставки оборудования для разработки арктического шельфа и сланцевых запасов углеводородов. В связи с введением санкций и сильной волатильностью курса рубля, применение импортных технологий становится значительно дороже, что, в свою очередь, стимулирует развитие импортозамещения [1, 2].

По данным Министерства энергетики РФ, доля отечественных технологий, используемых при добыче нефти на традиционных месторождениях, достигает уровня 80 %, а при разработке трудноизвлекаемых запасов — порядка 40–60 %; при разработке шельфовых месторождений — около 20 % [3].

На рынке нефтесервисных услуг также наблюдается зависимость от импортных технологий, особенно в тех позициях, которые требуют серьезных технологических компетенций [3]. К ним относятся: оборудование для гидроразрыва пласта (ГРП) и других методов воздействия на продуктивный пласт и призабойную зону (доля импорта достигает 92 %); оборудование для заканчивания скважин (95 %); буровая техника, роторные управляемые системы, навигационное оборудование определения положения бурового инструмента (83 %); программное обеспечение для разведки и разработки нефтегазовых месторождений (93–100 %) [3].

Изучение программ инновационного развития нефтегазовых компаний «Роснефть», «Газпром», «Газпромнефть» и «Зарубежнефть» подтвердило выводы о том, что компании направляют свое внимание на различные виды трудноизвлекаемых запасов и нетрадиционных ресурсов [3–5].

В таблице 1 приведены направления развития технологий, в которые заинтересованы инвестировать крупнейшие нефтегазовые компании.

Таким образом, в нефтяной промышленности основными трендами являются технологии освоения нетрадиционных ресурсов, повышения эффективности разработки действующих месторождений, освоения углеводородов на континентальном шельфе, разработка и внедрение технологий моделирования нефтегазоносных систем и выявления перспективных участков.

Эффективное функционирование нефтяной промышленности напрямую зависит от развития рынка нефтесервисных услуг. В связи с истощением нефтяных и газовых месторождений, увеличением доли трудно-извлекаемых запасов нефти и газа, необходимостью повышения коэффициента извлечения углеводородов, нефтесервисные компании являются ключевыми драйверами инновационных технологий в нефтяной промышленности. Благодаря повышению уровня развития технологий в нефтесервисе становится возможным осуществлять добычу в ранее недоступных регионах, повышать эффективность процессов разведки и добычи нефти и газа.

Таблица 1. Перспективные направления развития технологий

Компания	Перспективные технологии
ПАО «НК «Роснефть»	<ul style="list-style-type: none"> – «безводные» технологии повышения продуктивности скважин со сверхвязкой нефтью; – методы и технологии прогнозирования и локализации активных запасов ультранизкопроницаемых коллекторов; – разработка линейки собственных программных продуктов для моделирования развития в породе трещин ГРП; – комплекс проектов по гидрометеорологии, ледовых исследований, инженерно-геологических исследований; – проекты по концептуальному проектированию объектов морской инфраструктуры освоение лицензионных участков на арктическом шельфе; – инженерное программное обеспечение и базы данных; – «BigData», промышленный интернет вещей.
ПАО «Газпром»	<ul style="list-style-type: none"> – методы аэрокосмического зондирования Земли; – технологии трёхмерного цифрового моделирования; – технологии закачки кислых газов в продуктивные пласты сероводородсодержащих месторождений; – технологии эксплуатации месторождений в период падающей добычи; – технологии круглогодичного бурения скважин с помощью мобильных ледостойких сооружений; – технологии ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов и газового конденсата на шельфе Арктики; – использование подводных добычных систем; – технологии эксплуатации промышленного оборудования в условиях Крайнего Севера; – технологии интеллектуального управления процессами добычи углеводородов; – комплекс технологий, направленных на повышение продуктивности скважин; – технологии вовлечения в разработку нетрадиционных запасов нефти; – технологии сода-ПАВ-полимерного заводнения.
ПАО «Газпром нефть»	<ul style="list-style-type: none"> – технологии повторного ГРП в горизонтальных скважинах; – технологии бурения на депрессии, увеличение длины ствола горизонтальной скважины; – разработка технологии сода-ПАВ-полимерного заводнения; – методики оценки ресурсного потенциала баженовской свиты; – набор технологий многостадийного ГРП, адаптированного к геолого-технологическим условиям баженовской свиты; – поиск оптимального способа воздействия на пласт и разработка оборудования для его осуществления; – электронная разработка активов, освоение арктического шельфа.
АО «Зарубежнефть»	<ul style="list-style-type: none"> – 4D-численное бассейновое моделирование, широкоазимутальные четырёхкомпонентные трёхмерные сейсмические исследования 3D 4C с донными регистраторами; – создание информационной системы управления бурением, горизонтальные скважины с большими отходами от вертикали и сложными профилями, технологии разработки карбонатных коллекторов; – технологии разработки трудноизвлекаемых запасов; – технологии разработки месторождений, находящихся на завершающей стадии и с разбалансированной системой разработки; – закачка ПАВ-полимер-щелочных составов в пласт, закачка CO₂, закачка неуглеводородных газов, термогазовое воздействие на пласт, водогазовое воздействие; – разработка собственных подходов нефтяного инжиниринга; – прикладное программное обеспечение; – технологии «BigData», искусственный интеллект, интернет вещей, концепция «автоматического промысла» и «безлюдной платформы».

Основными технологическими трендами в нефтесервисной отрасли являются технологии многостадийного гидроразрыва горизонтальных скважин, химического заводнения пласта, технологии «BigData», визуализации многомерных массивов информации, геологического и гидродинамического моделирования залежи и др.

В настоящее время гидравлический разрыв пласта в нефте- и газодобывающей промыш-

ленности является распространенным методом увеличения продуктивности скважин. Стандартные технологии ГРП в достаточной степени развиты, а заказчики заинтересованы в оптимизации ГРП для конкретных геологических, пластовых и прочих условий.

Одними из современных видов обработок являются многостадийные гидроразрывы горизонтальных скважин с портами, активируемыми специальными шарами, со скользящими

сдвижными муфтами и муфтами с разрывными мембранами [4]. Каждая из перечисленных технологий применяется для осуществления последовательных многостадийных обработок, однако использование технологии ГРП с муфтами, оборудованными разрывными мембранами, по сравнению с другими имеет большие преимущества. Сейчас все более распространённым становится применение цементируемых хвостовиков, что, в свою очередь, позволяет проводить неограниченное число этапов гидроразрыва пласта.

Большое число современных исследований направлено на совершенствование технологии химического заводнения, которая позволяет повысить нефтеотдачу пластов в несколько раз по сравнению с обычным заводнением. Данная технология заключается в закачке в скважину растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), полимера и щелочи, как по отдельности, так и в смеси. В целом, растворы ПАВ и щелочей способствуют уменьшению поверхностного натяжения на границе «вода — нефть», которое препятствует высвобождению нефти из поровых каналов. Полимеры используются для снижения подвижности воды, увеличения её вязкости [3, 6–8].

Технологии «Больших Данных» (BigData) в последние годы стали трендом развития практически во всех отраслях промышленности, а также для финансового и торгового секторов. Топ-менеджмент крупнейших компаний видит в технологиях «BigData» возможности решения широкого спектра стоящих перед ними проблем. Сейчас наблюдается быстрый прогресс в IT индустрии во всех компонентах «Больших Данных»: развиваются оперативные системы сбора и хранения информации различного типа, например, многопетабайтные облачные хранилища.

Активно развиваются системы визуализации многомерных массивов информации, которые доступны как в виде коммерческого программного обеспечения, так и в виде свободно распространяемых инструментов с функционалом, который постоянно пополняется продвинутыми пользователями.

Один из самых впечатляющих прорывов произошел в области машинного обучения или интеллектуального анализа данных. Данная область науки — это часть программы исследований в области создания искусственного интеллекта, которая ориентирована на развитие методов извлечения закономерностей

и знаний из данных. Предполагается, что зависимости в данных априори неизвестны, нетривиальны, практически полезны, доступны для интерпретации и необходимы для принятия решений. Другими словами, компьютерные программы, в которых изначально не заложены законы, описывающие поведение той или иной системы (процесса), научились анализировать реальные входные и выходные данные, записываемые по ходу функционирования системы, и восстанавливать управляющие закономерности самостоятельно. Так, например, появились системы, которые способны заранее предсказать поломку оборудования, программы для распознавания образов на изображениях, персонализированные системы управления предложениями в интернет-магазинах и т.д. [6, 9–12].

Сектор «Разведка и добыча» в нефтяной промышленности является одним из наиболее рискованных с позиции принятия решений, требующих вложения серьезных инвестиций в проведение геологоразведочных работ, осуществление выбора системы разработки того или иного месторождения. Это объясняется высоким уровнем неопределённости геологической информации, который обусловлен технологическими ограничениями используемых в настоящее время методов поиска углеводородов, прежде всего сейсморазведки. Другими словами, если в прискважинной зоне информация о структуре и особенностях углеводородных пластов достаточно полная, то вдали от скважин фильтрационно-ёмкостные характеристики пластов и реальный потенциал добычи из них достоверно не известны [8, 13].

В настоящее время для проектирования разработки нефтегазовых месторождений и прогнозирования добычи активно применяются различные технологии геологического и гидродинамического моделирования залежи [3, 7]. Данные сейсмических исследований, геофизических и гидродинамических исследований скважин, а также каротаж при бурении формируют входную информацию для определения последовательности действий, предпринимаемых геологами и петрофизиками при построении или актуализации геологических и, впоследствии, гидродинамических моделей пластов. Такие модели представляют собой цифровой образ залежи: трёхмерное распределение параметров в объёмных ячейках модели. Это макроскопический цифровой образ пласта, с ячейками размером от десятков (в ред-

ких случаях единиц) сантиметров до десятков (в некоторых случаях сотен) метров. Параметры пластовых течений зависят не только от макромасштабных свойств залежи. Значительное влияние на течения пластовых жидкостей и газов (флюидов) оказывают особенности порового и минералогического строения коллекторов. Для изучения этого влияния применяется технология цифрового анализа пластового материала и флюидов, которая позволяет создавать цифровые образы участков пласта в микро- и наномасштабах и оценивать влияние на течение сложных флюидов топологических особенностей порового пространства и распределения минеральных зёрен. Таким образом, основными областями применения данной технологии являются:

1) сравнительный анализ: позволяет отбирать методы улучшения нефтеотдачи, уменьшает финансовые риски при принятии решений по третичным методам разработки;

2) уточнение петрофизических характеристик пласта, геологической и гидродинамической моделей, формирование более точного прогноза добычи нефти;

3) оценка потенциала нетрадиционных залежей через понимание особенностей порового пространства (связность, возможность воздействия для улучшения связности).

Совершенствование методов трёхмерного микроструктурного анализа материалов и моделирования многофазных течений в поровых каналах открыло новые возможности для более детального изучения свойств пластового материала, представленного керном или шламом. Концепция цифровой лаборатории анализа керна и пластовых флюидов начала формироваться еще в конце XX века. На сегодняшний день данная концепция сформирована как набор лабораторных исследований и компьютерных моделей разного типа, организо-

ванных в единую последовательность. Порядок проведения исследований и расчётов по вычислительным моделям обычно зависит от конечной цели проведения анализа. Технология цифрового анализа керна направлена на более детальное изучение топологии порового пространства, течений в порах и минерального скелета породы.

Для дальнейшего развития данной технологии в России необходимо совершенствование систем хранения оцифрованных данных, платформ доступа к ним и платформ визуализации 3D и 4D информации, а также упрощение бюрократических процедур, связанных с передачей тестовых образцов керна, шлама и пластовых флюидов от нефтяных компаний к исполнителю работ, осуществляющему цифровой анализ керна.

Выводы

Несмотря на наличие значительных объёмов НИОКР в нефтесервисном секторе, в настоящее время отечественные нефтесервисные компании сталкиваются с проблемами финансирования инновационных проектов, в отрасли наблюдается высокий износ эксплуатируемых оборудования и технологий. Эти проблемы усугубляются высоким уровнем конкуренции со стороны иностранных нефтесервисных компаний, которые обладают большим инновационным потенциалом. Для решения проблем необходимо комплексно подходить к вопросу разработки стратегий инновационного развития нефтесервисной отрасли. Данная тема является особенно важной в связи с тем, что ключевым фактором успеха в нефтесервисе является уровень развития технологий, поэтому для сохранения и повышения конкурентоспособности нефтесервисным компаниям необходимо в первую очередь уделять внимание решению этих проблем.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Салова И. Кризис дал мощный импульс развитию отрасли внутри страны // Нефть и газ. 2017. Приложение № 72. С. 19.

2. Стратегическая замена, основные направления программы импортозамещения в нефтяной отрасли // Сибирская нефть. 2016. № 130. URL: <http://www.gazprom-neft.ru/presscenter/sibneft-online/archive/554/1113021/> (дата обращения: 05.12.2018).

3. Дежина И.Г. Актуальные технологические направления в разработке и добыче нефти и газа. М.: БиТуби, 2017. 220 с.

4. Официальный сайт ПАО «Газпром нефть»: направления технологического развития. URL: <https://www.gazprom-neft.ru/technologies/> (дата обращения: 08.12.2018).

5. Стратегический отчет «Результаты деятельности компании АО «Зарубежнефть» 2016 год». URL: http://www.nestro.ru/media/filer_public/b9/7b/b97b55af-ffd4-46688187-5fd59e259c91/zarubezhneft_2016_rus_.pdf (дата обращения: 12.12.2018).

6. Аналитический отчет центра исследований в области энергетики бизнес-школы «СКОЛКОВО» (SEneC): «Перспективы российской нефтедобычи: жизнь под санкциями». М.: Сколково, 2018. 45 с.

7. Крянев Д., Жданов С. Методы увеличения нефтеотдачи: опыт и перспективы применения // Нефтегазовая вертикаль. 2011. № 5.

8. Миловидов К.Н. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса»: «Тенденции развития мирового нефтегазового бизнеса». URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/seminar/energo/z54.pdf> (дата обращения: 13.12.2018).

9. Цифровое месторождение позволяет сделать добычу более эффективной и дешевой // Коммерсант. 2017. URL: www.angi.ru/news/2848842 (дата обращения: 15.12.2018).

10. Schlumberger Introduces New Well Testing Technology. URL: https://www.slb.com/news/press_releases/2018/2018_1114_concert_pr.aspx (дата обращения: 15.12.2018).

11. Filimonova I.V., Eder L.V., Mishenin M.V., Mamakhatov T.M. Current State and Problems of Integrated Development of Mineral Resources Base in Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. 84 (1).

12. Quadrennial Technology Review 2015 Oil and Gas Technologies Chapter 7: Advancing Systems and Technologies to Produce Cleaner Fuels. URL: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/05/f32/Ch.7-SI-Oil-and-Gas-Technologies.pdf> (дата обращения: 15.12.2018).

13. Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю., Проворная И.В., Мишенин М.В., Комарова А.В. и др. Нефтегазовый комплекс России — 2017. Часть 1. Нефтяная промышленность — 2017: долгосрочные тенденции и современное состояние. Новосибирск: ИНГТСОРАН, 2018. 86 с.

REFERENCES

1. Salova I. Krizis dal moshchnyi impul's razvitiyu otrasli vnutri strany [The Crisis Gave a Powerful Impetus to the Development of the Industry within the Country]. *Neft' igaz — Oil and Gas*, 2017, Issue 72. 19 p. [in Russian].

2. Strategicheskaya zamena, osnovnye napravleniya programmy importozameshcheniya v neftyanoi otrasli [Strategic Replacement, the Main Directions of the Import Substitution Program in the Oil Industry]. *Sibirskaya neft' — Siberian Oil*, 2016, Issue 130. [in Russian].

3. Dezhina I.G. *Aktual'nye tekhnologicheskie napravleniya v razrabotke i dobyche nefi i gaza* [Current Technological Trends in the Development and Production of Oil and Gas]. Moscow, BiTuBi, 2017. 220 p. [in Russian].

4. *Ofitsial'nyi sait PAO «Gazprom neft'»: napravleniya tekhnologicheskogo razvitiya* [Official Website of Gazprom Neft: Directions for Technological Development]. Available at: <https://www.gazprom-neft/technologies/> (accessed 08.12.2018) [in Russian].

5. *Strategicheskii otchet. Rezul'taty deyatel'nosti kompanii AO «Zarubezhneft'» 2016 god* [Strategic Report. The Results of the Company JSC Zarubezhneft in 2016]. Available at: http://www.nestro.ru/media/filer_public/b9/7b/b97b55af-ffd4-46688187-5fd59e259c91/zarubezhneft_2016_rus_.pdf (accessed 12.12.2018) [in Russian].

6. *Analiticheskii otchet tsentra issledovaniy v oblasti energetiki biznes-shkoly «SKOLKOVO» (SEneC): «Perspektivy rossiiskoi neftedobychi: zhizn' pod sanktsiyami»* [Analytical Report of the Energy Research Skolkovo Business School Center (SEneC): «Prospects for Russian Oil Production: Life under Sanctions»]. Moscow, Skolkovo, 2018. 45 p. [in Russian].

7. Kryanev D., Zhdanov S. Metody uvelicheniya nefteotdachi: opyt i perspektivy primeneniya [Methods of Enhanced Oil Recovery: Experience and Application Prospects]. *Neftgazovay vertikal — Oil and Gas Vertical*, 2011, Issue 5. [in Russian].

8. Milovidov K.N. *Otkrytyi seminar «Ekonomichekkiye problemy energeticheskogo kompleksa»: Tendentsii razvitiya mirovogo neftegazovogo biznesa* [Open Seminar «Economic Problems of the Energy Complex»: Trends in the Development of the Global Oil and Gas Business]. Available at: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/seminar/energo/z54.pdf> (accessed 13.12.2018) [in Russian].

9. Tsifrovoye mestorozhdenie pozvolyaet sdelat' dobychu bolee effektivnoi i deshevoi [Digital Field Allows To Make Production More Efficient and Cheaper] *Kommersant — Kommersant*, 2017. Available at: www.angi.ru/news/2848842 (accessed 15.12.2018) [in Russian].

10. Schlumberger Introduces New Well Testing Technology. Available at: https://www.slb.com/news/press_releases/2018/2018_1114_concert_pr.aspx (accessed 15.12.2018).

11. Filimonova I.V., Eder L.V., Mishenin M.V., Mamakhatov T.M. Current State and Problems of Integrated Development of Mineral Resources Base in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, 84 (1).

12. Quadrennial Technology Review 2015 Oil and Gas Technologies Chapter 7: Advancing Systems and Technologies to Produce Cleaner Fuels. Available at: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/05/f32/Ch.7-SI-Oil-and-Gas-Technologies.pdf> (accessed 15.12.2018).

13. Eder L.V., Filimonova I.V., Nemov V.Yu., Provornaya I.V., Mishenin M.V., Komarova A.V. and etc. *Neftgazovyi kompleks Rossii — 2017. Chast' 1. Neftyanaya promyshlennost' — 2017: dolgosrochnyye tendentsii i sovremennoye sostoyanie* [Oil and Gas Complex of Russia — 2017. Part 1. Oil Industry — 2017: Long-Term Trends and Current Status]. Novosibirsk, INGG SO RAN, 2018. — 86 p. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ ABOUT THE AUTHOR

Белошицкий Алексей Васильевич, канд. экон. наук, советник генерального директора, АО «Башнефтегеофизика», г. Уфа, Российская Федерация

Aleksey V. Beloshitsky, Candidate of Economic Sciences, Advisor to the General Director, Bashneftegeofizika JSC, Ufa, Russian Federation

e-mail: bel@bngf.ru