

с междунар. участием / Е.Г. Ожогина, О.А. Якушина. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. — С. 121–122.

10. *Levchenko, E.* New solutions deep and complex processing titanium-zirconium placers. XV Congress BMP 2013 / E. Levchenko, E. Kalish, T. Lygina. — Sozopol. — Bulgaria, 2013. — Vol. 2. — P. 1144–1148.

11. *Levchenko, E.* Specific Features of the Mineral Composition of Titanium-Zirconium Placers in Russia. 19-th International Sedimentological Congress (ISC 2014) / E. Levchenko, E. Kalish. — Geneva. — Swiss, 2014. — P. 397.

© Левченко Е.Н., Галкин М.В., Матвиенко С.Ю., 2018

Левченко Елена Николаевна // levchenko@imgre.ru

Галкин Михаил Владимирович // tmngok@gsbk.ru

Матвиенко Сергей Юрьевич // tmngok@gsbk.ru

УДК 339.562.4

Жданеев О.В. (Шлюмберге)

НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОДУКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ЛОКАЛИЗАЦИИ

*На примере успешного опыта разработки передового программного обеспечения и технологий для оптимизации разработки и добычи углеводородного сырья, локализации производства оборудования для шельфовых проектов компанией «Шлюмберге» в статье показаны возможности программы импортозамещения в нефтегазовой промышленности Российской Федерации. Обозначена важность экспортно-ориентированного импортозамещения для успешного включения в цепочки международной промышленной кооперации. Повышение производительности труда, развитие НИОКР и внедрение элементов «Индустрии 4.0» для снижения издержек и повышения качества продукции являются залогом успеха реализации планов по импортозамещению. **Ключевые слова:** нефтегазовое машиностроение, разработка программного обеспечения, импортозамещение, локализация, цифровой керн, DNV.*

Zhdaneev O.V. (Schlumberger)

NEW APPROACH TO HIGH TECHNOLOGY PRODUCT ENGINEERING AND MANUFACTURING BY MEANS OF LOCALIZATION

*The import-replacement opportunities for the Russian oil and gas industry are reviewed in the paper using the successful examples of software development, novel products engineering and manufacturing for reservoir exploration and production, and solutions for offshore projects by Schlumberger. It is highlighted that to become an integral part of the international industrial cooperation the products developed as a part of import-replacement activities shall be competitive on international arena. Success of the import-replacement program depends on substantial increase in labor productivity, expansion of the R&D work in the country, implementation of Industry 4.0 elements to reduce product cost and improve quality. **Keywords:** oil and gas manufacturing, software development, import-replacement, localization, digital rock, DNV*

Введение

В мае 2014 г. в списке поручений о дополнительных мерах по стимулированию экономического роста Президент России В.В. Путин поручил Правительству Российской Федерации разработать и утвердить планы содействия импортозамещению в промышленности и сельском хозяйстве [1]. Основные мероприятия в этом направлении были определены в распоряжении Правительства РФ от 30.09.2014 №1936-р «План содействия импортозамещению в промышленности», которым была предусмотрена разработка отраслевых планов и мероприятий по импортозамещению в отраслях промышленности Российской Федерации на период до 2018 г. [2]. Министерством промышленности и торговли Российской Федерации к середине 2015 г. утверждено 20 отраслевых планов по импортозамещению, в основном с ориентиром на машиностроительный комплекс. Определено более 2000 технологических направлений, по которым будут оказаны меры государственной поддержки. Целевые ориентиры по этим проектам обозначены до 2020 г. [3].

Импортозамещение совместно с другими государственными программами способствует преодолению главных стратегических угроз национальной безопасности [4]: низкой конкурентоспособности экономики, зависимости от внешнеэкономической конъюнктуры и последствий дискриминационных мер в отношении ключевых отраслей, связанных с ограничением доступа к современным технологиям.

Импортозамещение затрагивает ключевые проблемы машиностроения: низкую производительность труда, нестабильное качество продукции, недостаточность номенклатуры для замены импортируемого оборудования и материалов, несоответствие технологическим требованиям предприятий-заказчиков, недостаточную профессиональную подготовку рабочей силы, инженерно-технического и управленческого персонала, изношенность производственной инфраструктуры, невысокую инновационную активность предприятий. Поэтому важнейшим условием для успешной реализации программ импортозамещения является повышение производительности труда, развитие НИОКР внутри предприятий совместно с академическими институтами и международными партнерами, внедрение информационных технологий и автоматизации для снижения издержек и повышения качества продукции.

Сегодня в мире накоплен богатый опыт реализации политики импортозамещения, причем не только в развивающихся (Латинская Америка, Юго-Восточная Азия, Индия), но и в индустриально развитых странах (ЕС, США). В развитых странах можно наблюдать явление рещоринга (reshoring) — перенос зарубежных производств крупных корпораций на территорию стран резиденции.

Большинство примеров успешной политики импортозамещения за рубежом были связаны с ориентацией на экспорт, так называемое экспортоориентированное импортозамещение. Эффективная политика импортозамещения не исключает, а напротив требует

согласованного решения задач встраивания российских производителей в глобальные цепочки связей формирования добавленной стоимости, начиная от фундаментальной науки, НИОКР и до создания инновационного продукта и его серийного производства.

Россия сегодня — один из наиболее конкурентоспособных производителей углеводородов в мире, что определяется как себестоимостью основных экспортных товаров, так и географическим положением и применяемыми технологиями. Для сохранения текущего лидирующего положения необходимо стимулировать постоянный приток передовых знаний и компетенций, в том числе путем создания международных технологических альянсов.

Положительную динамику улучшения инфраструктурных условий для создания и ведения экономической деятельности в РФ, которые могут использоваться при реализации планов по импортозамещению можно отследить по рейтингу «Doing Business» Всемирного банка: по итогам 2016 г. Россия переместилась на 40-е место, поднявшись на 80 позиций по сравнению с результатом 2011 г. [5]. Национальная технологическая инициатива, центр «Сколково», особые экономические зоны, территории опережающего социально-экономического развития, фонд развития промышленности, специальные инвестиционные программы и многие другие инициативы созданы в качестве инструмента поддержки развития импортозамещающих технологий и продукции [6].

Важным инструментом развития нефтегазовой отрасли может стать эффективное научно-техническое сотрудничество со странами, также создающими и развивающими инновации в этих направлениях. Саудовская Аравия в рамках программы «Видение Королевства Саудовская Аравия: 2030» и Китай в рамках стратегии «Сделано в Китае 2025» определили развитие местного производства в качестве одного из основных приоритетов. Это в том числе позволит преодолеть наиболее часто отмечаемые проблемы на пути импортозамещения [7]:

- отсутствие необходимой номенклатуры, замещающей импортные аналоги;
- плохое качество и низкая надежность локально выпускаемых компонентов и материалов;
- несоответствие локально производимой продукции международным стандартам.

Перспективным подходом к развитию импортозамещения в нефтегазовой промышленности является привлечение международных компаний для производства в России коммерциализированной техники, локализуемой на базе российских материалов, компонентов, отечественных сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов, создания наукоемкого высокотехнологичного производства и услуг в сфере нефтегазового машиностроения и разработки программного обеспечения.

При импортозамещении возможны несколько вариантов сотрудничества с международными производителями:

- крупноузловая сборка из импортируемых узлов и агрегатов (локализация отсутствует);
- лицензионная сборка на основе частичной локализации производственного процесса и передачи технологий;
- промышленное производство, предусматривающее высокую степень локализации;
- проведение исследований, разработка инженерных решений и серийное производство с преимущественным использованием локальных компонент и материалов.

Рациональное сочетание данных подходов позволяет решать ключевые задачи импортозамещения в нефтегазовой отрасли:

- сокращение зависимости нефтегазодобывающих компаний от экспортируемых технологий и продуктов программного обеспечения и запасных частей;
- повышение энергобезопасности страны посредством широкого внедрения информационных технологий для оптимизации управления запасами;
- создание новых передовых технологий для максимизации локальной добавленной стоимости и разработки новых ресурсов.

Примеры проектов по локализации производства и разработки инновационной продукции компании «Шлюмберже» в Российской Федерации

«Шлюмберже» работает в России с 1929 г., когда по приглашению правительства молодой республики сотрудники компании, созданной немногим ранее (в 1926 г.), помогли в поисках и оценке новых месторождений нефти и газа. В те годы компания привезла самые современные технологии каротажа и совместно с советскими коллегами внедряла их на территории СССР, заложив основы электрических методов геологоразведки в регионе. Это было обоюдное сотрудничество: компания получила возможность испытать и внедрить прорывные технологии в практику, а советские нефтяные тресты приобрели доступ к новейшим мировым разработкам, которые позволили приумножить минерально-сырьевую базу страны. С тех времен имя «Шлюмберже» стало синонимом передовых технологий, высокого качества продукции и услуг для нефтегазовой индустрии в России. Компания вернулась в Россию в 1991 г., и с тех пор локализация является ее стратегическим приоритетом. «Шлюмберже» занимается разработкой и производством широкой номенклатуры продукции для нефтесервиса в регионе: геофизическое оборудование, насосные системы, системы для бурения, оборудование для крепления скважин, системы расходомерии и другое высокотехнологичное оборудование.

В данной работе мы хотели бы остановиться на нескольких примерах локализации продукции нефтегазового машиностроения, разработки программного обеспечения для нужд российских и международных заказчиков и создания прорывных технологий в регионе для развития отрасли в мире. До 2013 г. компания «Шлюмберже» закупала транспортные контейнеры для производства работ на морском шельфе

у зарубежных поставщиков. Целесообразность освоения производства линейки контейнеров в соответствии с международным стандартом DNV GL (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd — крупнейшее в мире международное сертификационное и классификационное общество, ключевой компетентностью которого является оценка, консалтинг и менеджмент риска в следующих областях: судостроение и мореплавание, энергоэффективность и возобновляемые источники энергии, программное обеспечение, верификация и оценка технических рисков в нефтегазовой отрасли) для работы на море в Российской Федерации для компании была продиктована следующими факторами:

1. *Экономическая целесообразность.* Ценовой анализ аналогичных изделий показал, что стоимость выпуска малых партий (от 4 до 20 шт.) силами российских предприятий обходится дешевле, чем у европейских поставщиков. С учетом всех логистических затрат конечная стоимость для потребителя получается существенно ниже.

2. *Качество.* На примере изготовления более технически сложных изделий, а именно, основных типов специализированных контейнеров — мастерских (30-, 20-, 12-футовые контейнеры), оснащенных взрывозащищенным электрическим оборудованием, имеющих по заказу спроектированные стеллажи для размещения фирменного инструмента клиента, кран-балки, другие конструктивные особенности, например, двойной пол с поддонами (для экологически безопасного обращения со сливными техническими жидкостями, люки в крыше для удобной подачи технологического инструмента внутрь контейнера и т.д.). На практике было выявлено выгодное отличие в качестве исполнения изделий по сравнению с большинством импортных аналогов. С учетом длины контейнера в 30 футов и жестких испытаний к статическим и ударным нагрузкам силового каркаса изделия, четыре секции люка представляли известную сложность при проектировании. Другой пример — состав краски и обработка изделий перед нанесением покрытия проводится под непосредственным наблюдением супервайзера фирмы изготовителя краски, который на постоянной основе базируется в г. Тюмень. С его непосредственным участием подбирается состав краски, согласовывается технологический процесс пескоструйной обработки изделий.

3. *Местный производитель.* Не последним аргументом в решении о старте проекта DNV на российском предприятии была потребность повышения производственного потенциала и компетенции завода.

В 2013 г. в целях локализации производства морских транспортных контейнеров различного типа на российском заводе «ТОЭЗГП» для потребностей компании «Шлюмберже» были начаты работы по сертификации производственного процесса, рабочего персонала, сварочных технологий, имеющихся производственных мощностей по международному стандарту DNV 2.7-1 (–40 °C).

Сначала из-за дополнительных затрат на освоение производства экономическая целесообразность проекта ставилась под сомнение. Однако с учетом того, что освоение выпуска изделий по одному из международных стандартов (DNV GL) повышало уровень профпригодности работников, организации производства, складского хозяйства, что, в конечном счете, благоприятно отразилось бы на конкурентоспособности предприятия в целом, при появлении первых проблем, которые всегда сопутствуют освоению новых изделий, руководство проявило выдержку и довело проект до конца.

В июле 2013 г. был получен первый заказ от Астраханского филиала компании «Шлюмберже» на изготовление специализированного контейнера для проведения работ по сервисному обслуживанию и транспортировке технологического оборудования, предназначенного для проведения испытания пласта на трубах. В короткие сроки была организована группа проекта DNV, назначены ответственные за каждый этап проекта, в том числе руководитель. Для гарантированного успеха на заводе были привлечены высококвалифицированные конструктора. Частично заменены, частично переподготовлены сварщики. Реализация проекта потребовала принципиальных изменений на предприятии:

Адаптация процесса проектирования изделия под требования DNV, которая включает в себя обязательное проведение стресс-анализа, моделирование вариантов деформации первичной (силовой) структуры контейнера (при диагональном и четырехточечном вывешивании).

Модернизация существующего сварочного участка, в том числе замена сварочных аппаратов, увеличение количества и переоборудование ступелей.

Повышение стандартов качества выпускаемой продукции с контролем полного производственного цикла:

а — налажен глубокий входной контроль — проведена работа со службой закупок на предмет строгого соблюдения требований стандарта DNV GL к покупным узлам и материалам. Организован сквозной контроль за оборотом всех материалов (в том числе расходных) и комплектующих, используемых при производстве. Внедрена необходимая маркировка и сортировка на уровне склада. Введены реестры сертификатов, номеров партий/вагонов/проката стали и так далее, которые хранятся в учетной электронной системе предприятия. Эти меры позволяют в случае отбраковки изделия на любом этапе производства отследить номер партии/вагона/проката, организацию, дату поставки, найти и изолировать из производства весь материал, используемый при производстве отбракованных изделий до окончания расследования инцидента/определения причин отбраковки;

б — введение строгого пооперационного контроля. Данный вид контроля включает широкий комплекс мероприятий — от разрушающего контроля отдельных элементов каркаса, материалов с целью перепроверки

свойств материалов, указанных в сертификатах или качества сварных швов до проведения нагрузочных испытаний всей первичной структуры контейнера;

в — повышение уровня выходного контроля. Основное изменение в существовавшем на заводе процессе выходного контроля — внедрение чек-листа с последующим занесением заполненного чек-листа по результатам проверки и фотографий в базу электронного документооборота;

г — проведена работа с поставщиками материалов путем рекомендаций специалистов, а также методом проб и ошибок выявлены наиболее надежные поставщики стали, угловых фитингов, строп, сертифицированных по стандарту DNV, сварочных электродов и проволоки. При подборе поставщиков приоритет отдавался российским предприятиям;

д — повышение качества сварки. Утверждены новые требования к персоналу, занятому в производстве сварочно-монтажных работ, допускные испытания сварщиков. Улучшены методы подготовки под сварку кромок и поверхностей свариваемых деталей, техника исполнения сварных швов. Осуществлена переподготовка всех цеховых работников, технологов, задействованных при производстве продукции DNV. Кроме аккредитации компанией DNV была получена аккредитация НАКС — Национального Агентства Контроля сварки. Налажена закупка и разработка оборудования для тестирования образцов, обеспечены услуги сторонних компаний по проведению дефектоскопии;

е — изменение технологии окраски изделий. Налажен процесс пескоструйной обработки согласно S.A. 2.5. Технология окраски претерпела существенные изменения как в обработке поверхности (внедрен метод трехслойной окраски методом холодного цинкования) и методике подбора материалов окраски, так и в требованиях к нанесению цветовых символов на продукцию с целью сделать ее более безопасной в использовании. Так, например, схема окраски крыши контейнера сегодня включает нанесение опознавательной желтой линии, чтобы при работе крана ночью на морской платформе были четко видны габариты контейнера, а также индивидуального номера изделия, чтобы максимально облегчить идентификацию контейнера потребителям в условиях площадки морской платформы.

В настоящее время освоены следующие виды продукции и сертифицированы по стандарту DNV 2.7-1 (–40 С):

- сервисная мастерская для обслуживания геофизического оборудования;
- транспортный контейнер;
- сервисный модуль для обслуживания оборудования;
- специализированные контейнеры для хранения и транспортировки кабеля и геофизических приборов (рис. 1).

Вышеперечисленные изделия эксплуатируются на Каспийском море и месторождениях Чайво, Лунское и Пильтун-Астохское Охотского моря.



Рис. 1. Пример DNV продукции, выпускаемой заводом ТОЭЗГП

Свыше 80 % комплектующих и материалов, применяемых при производстве изделий линейки DNV, в том числе основной тип применяемого материала — 09Г2С, производятся в России. Весь персонал, задействованный при производстве изделий — граждане Российской Федерации.

Еще одним примером локализации разработки и производства компанией в регионе является Тюменский центр компетенции, организованный на базе подразделения Интегрированных Программных Продуктов в Тюмени в 2007 г. На текущий момент в Центре работает более 40 высококвалифицированных разработчиков программного обеспечения. Структура центра включает в себя полный цикл создания ПО, начиная от анализа задач с привлечением экспертов и заканчивая глубоким тестированием и коммерциализацией результатов разработки. Локализация разработки в Российской Федерации позволяет адаптировать корпоративные решения «Шлюмберге» для соответствия требованиям российского законодательства и отраслевых стандартов.

Компания «Шлюмберже» насчитывает более десяти центров по разработке программных решений по всему миру, работающих над созданием передовых программных платформ для нефтегазовой отрасли. Тюменский центр является уникальным среди них, так как сочетает в себе высококвалифицированных разработчиков программного обеспечения и экспертов в прикладных дисциплинах, от сейсморазведки и бурения до построения геологических и гидродинамических моделей месторождения и подсчета запасов.

Центр полностью опирается на локальные ресурсы, благодаря наличию в Тюмени ориентированных на нефтегазовую отрасль учебных заведений высокого уровня, таких как Тюменский Индустриальный университет. Отбор кандидатов начинается еще до момента выпуска студентов из вузов с возможностью совмещения учебы и использования теоретических навыков в решении прикладных задач. Упор делается на «взрачивание» собственной компетенции. Для этого каждому человеку определяется индивидуальный план развития, нацеленный на развитие прикладных навыков и изучение современных технологий. Для полноценного общения в интернациональном сообществе компании «Шлюмберже» для персонала центра предоставляется возможность бесплатного совершенствования навыков английского языка в специализированной школе под руководством англоговорящих учителей. Совместно с другими центрами по разработке программных решений Тюменский центр компетенции работает над созданием и совершенствованием корпоративных программных решений, успешно используемых всеми передовыми нефтегазовыми компаниями мира. При этом основным направлением деятельности является разработка программного обеспе-

чения для нужд российских заказчиков. Совместно с подразделением Интегрированных Информационных Решений Тюменский центр определяет наиболее востребованные заказчиками задачи и реализует их в виде программных модулей-расширений для стандартных продуктов компании, таких как Petrel, Techlog, Studio, Avocet и пр.

За время существования Тюменского центра компетенций его силами было создано несколько десятков программных модулей для российских заказчиков, многие из которых пользуются спросом и у зарубежных компаний, например, модули Waterflood Analysis, Well Pattern Design, WaveFormClass.

Модуль Petrel EasyFrac предназначен для учета в процессе гидродинамического (ГД) моделирования результатов проведения ГРП в т.н. модели «черной нефти». Данное решение предназначено для массового применения на большом количестве скважин в полномасштабных моделях или многоскважинных секторных моделях в случае, когда полудлина трещины ГРП больше геометрического размера ячейки сетки. Модуль EasyFrac создает для скважин с ГРП дополнительные вскрытия (Connections) в ячейках, через которые проходит трещина ГРП. Расчет коэффициента вскрытия (CF — connection factor) осуществляется с учетом заданных геометрических параметров трещины, проницаемости пласта и пропаната, а также с учетом эффектов «штуцирования», возникающих в процессе фильтрации жидкости внутри трещины, в случае если приток к крыльям оказывается много больше, чем возможности трещины по транспортировке жидкости (рис. 2).

Модуль Waterflood Analysis предназначен для многокритериального анализа системы заводнения и

оценки эффекта геологических мероприятий. Он предоставляет интерфейс для анализа распределения добычи/закачки в модели линий тока (поддерживаются линии тока, рассчитанные в приложении FrontSim и сгенерированные из модели ECLIPSE), чтобы помочь инженеру по разработке в анализе эффективности скважин, планировании геологических мероприятий и детальной оценке их эффективности (рис. 3).

Модуль Well Pattern Design предназначен для автоматизированного создания вертикальных скважин в соответствии с выбранной схемой разработки. Он позволяет в программном обеспечении Petrel автома-

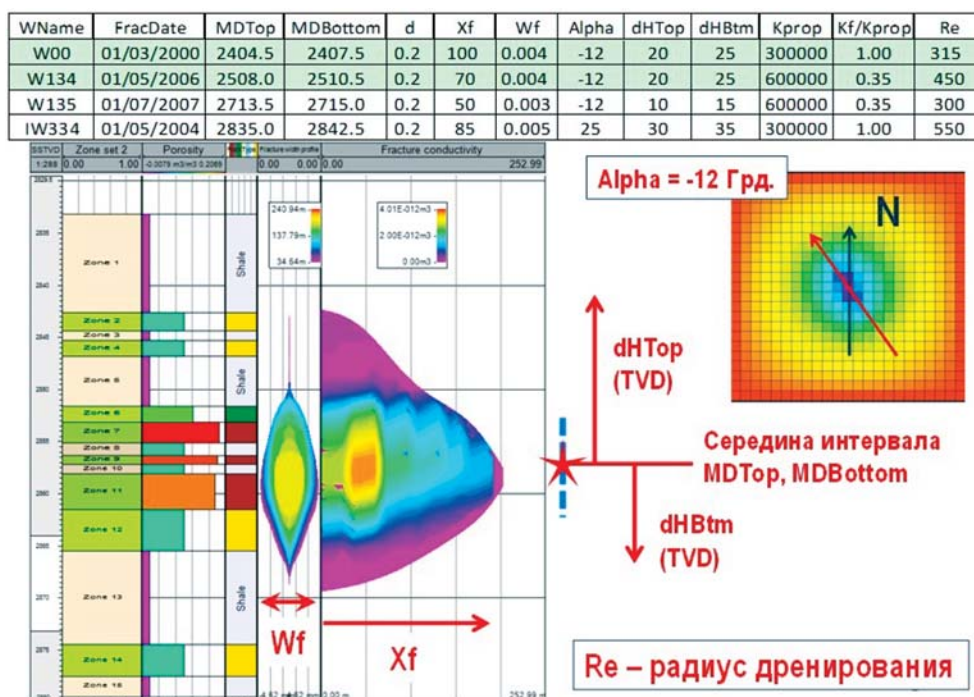


Рис. 2. Модуль EasyFrac

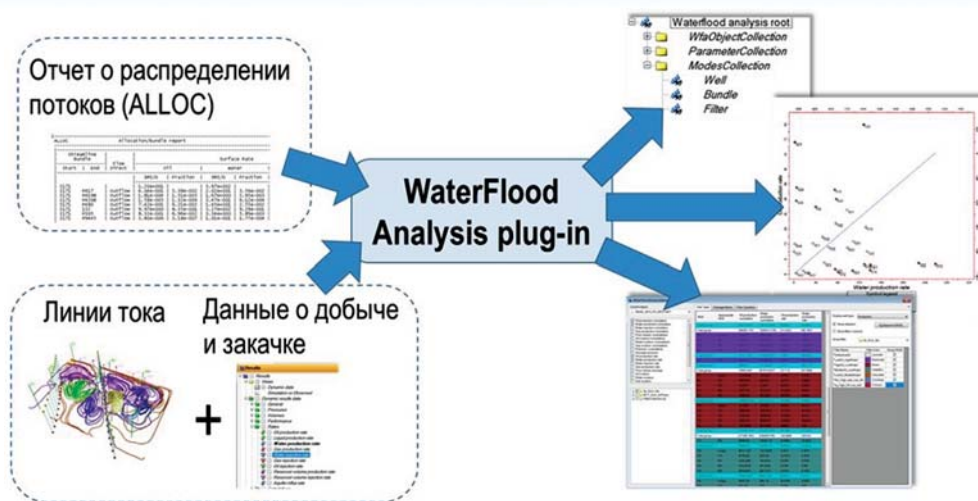


Рис. 3. Модуль Waterflood Analysis

тически создавать вертикальные скважины согласно выбранной сетки бурения, оборудование крепления для созданных скважин, создавать вертикальные скважины только в области интересов, задавать программу разбуривания скважин, создавать траектории вертикальных скважин в соответствии с координатами кустовых площадок, а также задавать ограничения на верхний и нижний предел по глубине.

В модуле WaveForm Class разработан новый алгоритм 3D-классификации сигнала на основе метода «К-среднего» или классификации Кохонена. В качестве входной информации используются сейсмические амплитуды, таким образом реализуется классификация по форме сейсмического сигнала. Классификация осуществляется с целью изучения изменения формы сигнала по латерали, стратиграфического и фациального анализ, а также геологического районирования.

Разработка программных модулей ведется с использованием платформы Ocean, которая доступна не только для специалистов «Шлюмберже», но и для разработчиков программного обеспечения других компаний и учебных заведений. Эта возможность дает российским нефтегазовым компаниям и университетам создавать 100 % локализованные продукты, а возможность размещения разработанных модулей в интернет-магазине программного обеспечения «Шлюмберже» Ocean Store [8] позволяет экспортировать разработанное ПО за рубеж.

Также компания «Шлюмберже» и Тюменский центр компетенций ведут активную работу со студентами российских вузов. Периодически организуются презентации деятельности компании, предоставляются бесплатные академические лицензии на программное обеспечение, чтобы студенты имели доступ к передовым достижениям компании и могли в процессе обучения получать дополнительные навыки и знания.

В структуру компании «Шлюмберже» входит около 125 инженерных, научных, исследовательских центров. Самый первый из них был основан в 1948 г. в

Бостоне в США. Кембриджский центр в Великобритании работает с 1985 г. Московский научно-исследовательский центр (МНИЦ) «Шлюмберже» был открыт всего 14 лет назад, но в настоящее время является одним из трех крупнейших научно-исследовательских центров компании как по уровню экспертизы, оснащенности, количеству сотрудников, так и по объему инвестиций. Наличие современной лаборатории площадью 400 м², а также сверхмощного суперкомпьютера

с производительностью около 200 TFlops позволяет сотрудникам разрабатывать передовые технологии для повышения степени извлечения углеводородов. В центре работает свыше 90 сотрудников, более половины из них — ученые со степенями в области математики, химии, физики. Практически все сотрудники центра — россияне. Многие из них стажировались или работали за рубежом и затем возвращались в Россию, делая осознанный выбор в пользу МНИЦ. С момента своего основания центр тесно сотрудничает с передовыми российскими университетами, поддерживая различные образовательные программы и академические исследования. Около 30 студентов и аспирантов ежегодно проходят стажировку в МНИЦ, получая возможность работать над сложными и актуальными научными проблемами и защищать дипломы, и кандидатские диссертации по wybranым направлениям.

МНИЦ аккумулирует передовой опыт по исследованиям физики пласта от нано до макроуровня, оценке и интерпретации продуктивности резервуара, гидродинамическим исследованиям многофазных потоков, а также процессам и механизмам стимуляции притока скважины и интеллектуальной добычи. Научные исследования в центре направлены на изучение особо сложных задач в области добычи углеводородов, в том числе газоконденсатов, нефти и газа из сложных коллекторов, тяжелой нефти.

Московский научно-исследовательский центр — это пример работы прикладной академической науки. Его сотрудники специализируются на решении фундаментальных задач отрасли, разрабатывая концепции и идеи будущих технологий. Большинство этих технологий получают свое применение через 7–10 лет. Это средний срок полного цикла разработки новой технологии в нефтегазовой индустрии. Одна из последних наиболее успешных разработок МНИЦ, уже получившая высокую оценку рынка, — технология «Цифровой керн» или CoreFlow [9]. Она основана на применении теории функционала плотности для описания многофазной гидродинамики в микропорах, то есть течения углеводородов внутри горной породы.

Данный проект был официально запущен в 2009 г., призванный создать интегрированное решение, совмещающее лабораторные и цифровые исследования горных пород в лабораторных условиях. Используя современные технологии для изучения внутренней структуры горных пород, для построения высокоточной цифровой модели и высокопроизводительных вычислительных систем, для быстрого и эффективно моделирования многофазного течения, данное решение позволяет оперативно получать информацию о ключевых свойствах горных пород и тестировать эффективные методы повышения нефтеотдачи пласта. Вся работа в рамках этого проекта велась в Москве российскими специалистами — это 100-процентный отечественный интеллектуальный продукт (рис. 4).

С первых дней применения данная технология продемонстрировала свою высокую эффективность и надежность, что позволило ее достаточно быстро коммерциализировать. Технология была коммерциализирована как CoreFlow и в 2014 г. получила престижнейшую награду World Oil Award в номинации Best Exploration Technology. Успех «Цифрового керна» объясняется тем, что его применение позволяет в более короткие сроки, с меньшими трудозатратами и с большей информативностью проводить анализ горных пород и протекающих в них процессов добычи.

На протяжении нескольких последних лет в отделе Динамики добычи МНИЦ разрабатывалась концепция технологии «AvantGuard» [10]. Эта технология позволяет выбрать оптимальную и безопасную процедуру запуска скважины после выполнения гидроразрыва пласта для увеличения последующего дебита скважины. AvantGuard относится к передовым технологиям, основанным на комбинации уникального симулятора и измерительного оборудования компании. Симулятор основан на математических моделях, описываю-

щих гидродинамические и геомеханические процессы, возникающие при запуске скважины. Эти модели были разработаны в МНИЦ с участием Новосибирского Технологического Центра «Шлюмберже». Технология AvantGuard была успешно коммерциализирована в 2016 г. и на данный момент пользуется спросом среди клиентов компании.

МНИЦ является экспертным центром не только для компании «Шлюмберже». Специалисты центра находятся в постоянном диалоге с представителями российских нефтегазовых компаний. На базе центра регулярно проводятся технические дни для профильных специалистов заказчиков компании «Шлюмберже». Во время этих встреч специалисты МНИЦ демонстрируют новейшие разработки и рассказывают об актуальных проблемах индустрии. Технические дни чрезвычайно важны с точки зрения обмена мнениями между представителями индустрии и науки. Руководство центра также принимает активное участие в отраслевых мероприятиях: разного рода специализированных форумах, круглых столах, правительственных инициативах.

Заключение

В настоящее время ни одна компания, какой бы крупной она не была, не может полностью самостоятельно создать все необходимое для работы нефтегазовой отрасли. Необходим симбиоз идей, решений, подходов между участниками процесса импортозамещения. Анализ примеров применения политики импортозамещения [11] позволяет сделать вывод, что само импортозамещение не может стать успешным при переносе в страну локализации только производства. Необходимым условием является создание в стране инженерных компетенций и проведение фундаментальных и прикладных исследований, закладывающих основы для решения задач отрасли.

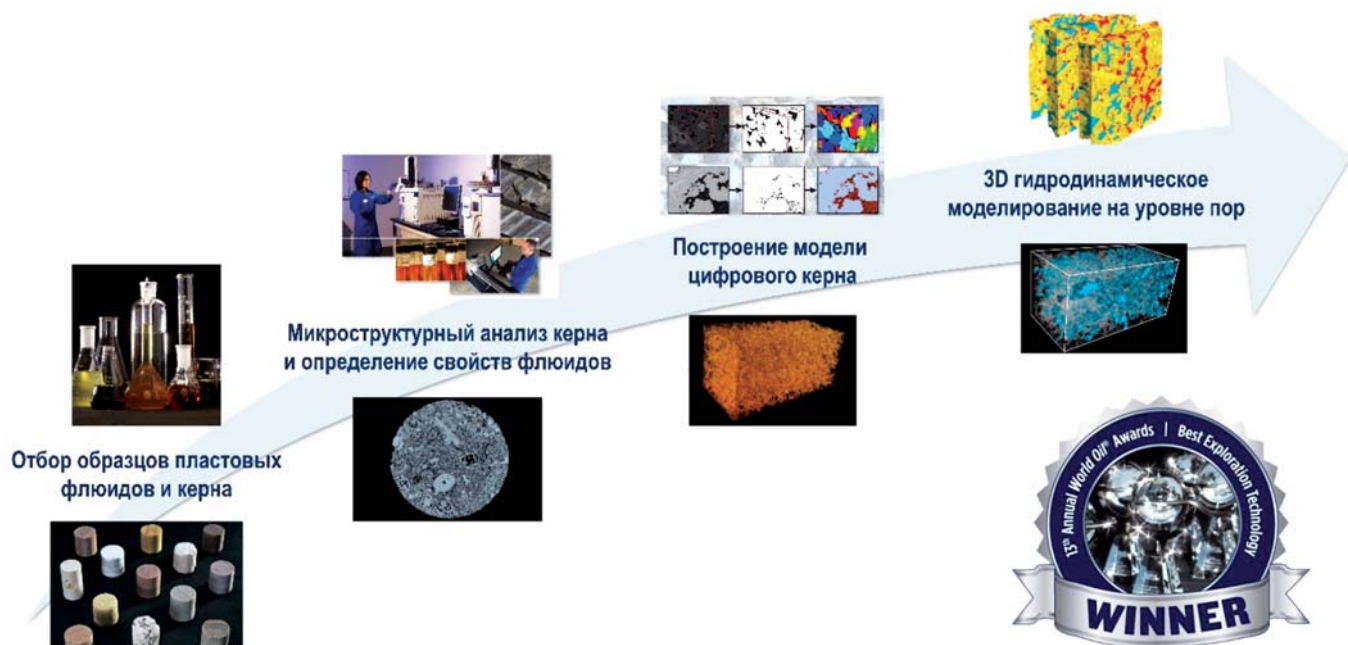


Рис. 4. Технология «Цифровой керн», разработанная в МНИЦ

Комплексный подход полного цикла «исследование-инженерное решение-серийное производство» в сотрудничестве между разработчиками и заказчиками и позволит найти ключ к минерально-сырьевым богатствам России.

Государство в этой кооперации может выступить в роли модератора. В этом случае перед ним встают задачи: определить целевые долгосрочные приоритеты для развития промышленности, обеспечить инфраструктурой и стабильными условиями для ведения бизнеса, развивать кадровый потенциал, поддерживать отрасли, снабжающие необходимыми компонентами и материалами, привлекать для решения задач экспертное сообщество и активно использовать международную кооперацию.

При реализации политики импортозамещения важно учитывать ее позитивные свойства в соединении с положительными характеристиками модели развития экспортоориентированного производства — «экспортоориентированное импортозамещение» [12]. Наличие в России компаний, локализирующих разработку и выпуск инновационных продуктов, оказывает содействие развитию нефтегазовой промышленности, освоению передовых практик производства и управления. Для успешной реализации планов по импортозамещению необходимо использовать международные технологии на благо российского потребителя, чтобы передовые технологии производились в стране российским персоналом, чтобы создавались рабочие места, чтобы добавленная стоимость создавалась в РФ, налоги платились в России, создавался задел для дальнейшего развития страны, укрепления ее технологического и промышленного потенциала. Импортозамещение посредством локализации производства — это вклад компании «Шлюмберге» в развитие Российской нефтегазовой отрасли и социально-экономической сферы страны.

Автор выражает признательность В. Хану, Е. Коношанову и Р. Коемцу за помощь в подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/23900>.
2. URL: <http://economics.volgograd.ru/other/innovation/download/06%20отраслевых%20планах%20по%20импортозамещению.pdf>.
3. URL: <http://www.rspp.ru/viewpoint/view/690>.
4. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921/page/1>.
5. URL: <http://russian.doingbusiness.org/data/exploreeconomies/russia>.
6. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3064815>.
7. Dmitrievskii, A.N. Strategic alternatives of import substitution of power equipment for the oil-and-gas sector / A.N. Dmitrievskii, N.I. Komkov, M.V. Krotova, V.S. Romantsov // Studies on Russian Economic Development January. — 2016. — V. 27. — № 1. — P. 21–33.
8. <https://www.ocean.slb.com>.
9. URL: http://www.slb.com/services/characterization/reservoir/core_pvt_lab/coreflow.aspx.
10. URL: <https://www.slb.com/avantguard>.
11. Bruton, H. Import substitution / Handbook of Development Economics, Volume II, Edit-ed by H. Chenery and T.N. Srinivasan, Elsevier Science Publishers B.V., 1989. — P. 1601–1644.
12. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2912018>.

© Жданев О.В., 2018

Жданев Олег Валерьевич // ozhdaneev@slb.com

Третьяк А.А., Литкевич Ю.Ф., Гроссу А.Н. (Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова)

ТЕХНОЛОГИЯ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАСОСОВ ГЕЙЗЕРА ДЛЯ ПОДЪЕМА ПУЛЬПЫ

*Показано, что применение насоса Гейзера вместо эрлифтной установки в составе гидродобывного агрегата ГДА-600, работающего с буровым насосом средней мощности НБТ-600, позволяет снизить мощность привода и энергозатраты на подъем пульпы с 40 до 15 кВт, но это не может существенно повлиять на эффективность работы ГДА-600 в целом. Рассматривается компоновка ГДА с буровым насосом УНБ-1250 с подачей $Q_p = 51$ л/с и двумя насосами Гейзера с размерами, позволяющими вписать их в структуру ГДА-1250. При этом производительность гидродобывного агрегата увеличивается с 41,5 т (при комплектации насосом НБТ-600) до 58 т руды в час, т.е. более чем в 1,4 раза. **Ключевые слова:** гидродобывной агрегат, буровой насос, эрлифтная установка, насос Гейзера, забойные условия, гидростатическое давление, производительность ГДА, извлекаемость руды.*

Tretyak A.A., Litkevich Yu.F., Grossu A.N. (Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI)

THE TECHNOLOGY OF DOWNHOLE MINING OF IRON ORE WITH THE USE OF GEYSER PUMPS FOR PULP LIFTING

*The article shows that the use of the Geiser pump instead of the air-lift unit as part of the hydraulic unit GDA-600, operating with the NBT-600 medium-capacity drilling pump, allows to reduce drive power and energy consumption for lifting the pulp from 40 to 15 kW, but this cannot significantly affect the effectiveness of the GDA-600 as a whole. The layout of the GDS with the drilling pump UNB-1250 with a feed $Q_p = 51$ l/s and two pumps of the Geiser with dimensions allowing them to fit into the GDA-1250 structure is considered. At the same time, the productivity of the hydraulic unit increases from 41,5 tons (when equipped with a pump NBT-600) to 58 tons of ore per hour, i.e. more than 1,4 times. **Keywords:** hydromining plant, drilling pump, air-lift unit, pump Geiser, downhole conditions, hydrostatic pressure, productivity of GDA, recoverability of ore.*

При разработке скважинного гидродобывного агрегата ГДА-600 для Гостищевского месторождения Курской магнитной аномалии (КМА) предусматривалось применение эрлифтной установки для подъема пульпы со следующими параметрами:

- глубина динамического уровня ($h_d = 25$ м);
- коэффициент погружения смесителя ($K = 3$);
- глубина погружения смесителя ($H = 75$ м);
- удельный расход воздуха для подъема 1 м³ пульпы ($Y_0 = 2$ м³/м³);