



ГЛУБИНА  
ПЕРЕРАБОТКИ  
НЕФТИ В РОССИИ

ПОВЫШЕНИЕ  
НЕФТЕОТДАЧИ

ОПТИМИЗАЦИЯ  
ПЕРЕРАБОТКИ  
ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

# Нефтегаз.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

1 [109] 2021

## ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ



Входит в перечень ВАК

НОВЫЙ  
СПЕЦПРОЕКТ!

# НЕФТЬ НА ШЕЛЬФЕ

трансформация  
добычи

Проект представлен в формате интерактивного гида по теме цифрового будущего российского шельфа, а это значит, что мы подготовили для вас тематические подборки статей, интервью, тестов, видео и даже игру!

[SHELF.NEFTEGAZ.RU](https://shelf.neftegaz.ru)

 **ГАЗПРОМ**  
НЕФТЬ

СТРЕМИМСЯ  
К БОЛЬШЕМУ!

**Neftegaz.RU**



## Глубина переработки нефти в России



14

## Перспективы российских полимеров



20

## Оптимизация переработки тяжелой нефти



28

## Переработка дымовых газов как способ выполнения Парижского соглашения



52

Эпохи НКК 4

### РОССИЯ Главное

С новым газом! 6

Удачное совпадение 8

События 10

Первой строчкой 12

### ПЕРЕРАБОТКА

Глубина переработки нефти в России 14

Российская нефтепереработка в цифрах 18

### ПЕРЕРАБОТКА

Перспективы российских полимеров 20

Оптимизация переработки тяжелой нефти 28

Энергосбережение – приоритетная задача современной нефтегазопереработки 32

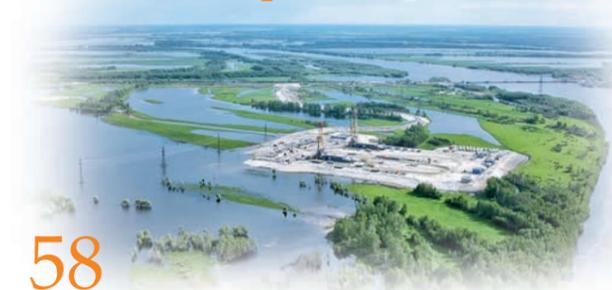
Оптимизация получения дизельных фракций 36

Компьютерная модель раздельной гидроочистки прямогонного дизельного топлива 40

Гаприн – причина взаимодействия Ирана и РФ 46

Переработка дымовых газов как способ выполнения Парижского соглашения 52

## О перспективах применения химических методов нефтеотдачи



58

## «Зеленая» модернизация и перспективы нефтегазохимии



64

## Обзор нефтегазохимических проектов в России



70

## Полимерные суспензии для эффективного бурения



84

### НЕФТЕСЕРВИС

Повышение нефтеотдачи 56

О перспективах применения химических методов нефтеотдачи 58

### РЫНОК

«Зеленая» модернизация и перспективы нефтегазохимии 64

Обзор нефтегазохимических проектов в России 70

Календарь событий 79

### ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ

Тампонажные составы для РИР 80

Полимерные суспензии для эффективного бурения 84

### МАКРОЭКОНОМИКА

Глобальное энергетическое управление и топливно-энергетический комплекс КНР 90

### КАДРЫ

Технологии иммерсивного погружения как фактор снижения риска при подготовке кадров в нефтегазовой промышленности 96

### УПРАВЛЕНИЕ

Управление рисками при внедрении беспехового производства 100

Россия в заголовках 106

Хронограф 107

Нефтегаз Life 108

Классификатор 110

Цитаты 112

## 276 лет назад

В 1745 году на чл сь промышленн я добыч нефти со дн Ухты, которой руководил Федор Прядунов. Он же созд л рядом с промыслом первое в истории предприятие по перер ботке нефти.

## 175 лет назад

В 1846 году н Апшеронском полуострове был пробурен перв я в мире нефтян я р звездыв тельн я скв жин . Первую в России эксплу т ционную скв жину пробурили н Куб ни, в селе Киевском, в долине реки Куд ко в 1865 году.

## 168 лет назад

В 1853 году изобретен керосинов я л мп , в связи с чем спрос н нефть и нефтепродукты многокр тно возрос.

## 156 лет назад

В 1865 году Джон Д. Рокфеллер основ л Standard Oil Company.

## 142 года назад

К 1879 году Standard Oil контролиров л не только 90% перер б тыв ющих мощностей Америки, но и ее трубопроводы и системы сбор . Сегодня преемником комп нии является ExxonMobil.

## 129 лет назад

В 1892 году Эдв рд Л. Доэни обн ружил первую скв жину в Лос-Анджелесе, пять лет спустя в этом р йоне было пятьсот дв дц ть скв жин и р бот ли двести нефтяных комп ний.

## 120 лет назад

В 1901 году в США открыт гейзер Спиндлтоп (Тех с), что привело к росту нефтяной промышленности. В течение год было з регистриров но более 1500 нефтяных комп ний.

## 114 лет назад

В 1907 году брит нский золотодобытчик обн ружил в Ир не нефть, результ том чего ст ло созд ние нгло-персидской нефтяной комп нии. Перед Первой мировой войной брит нское пр вительство приобрело 51% комп нии, чтобы обеспечить нефтью Королевский флот. Комп ния ст л н зыв ться British Petroleum.

## 91 год назад

В 1930-х годах Gulf Oil, BP, Техасо и Chevron сдел ли крупные открытия в Кувейте, С удовской Ар вии и Ливии. Н основе этих открытий был сформиров н к ртель из семи комп ний: Exxon, Royal Dutch Shell, BP, Mobil, Техасо, Gulf и Chevron, которые контролиров ли мировой нефтег зовый бизнес н протяжении большей ч сти XX век .

Издательство Neftegaz.RU

### РЕДАКЦИЯ

Гл вный ред ктор  
Ольг Б хтин

Шеф-ред ктор  
Анн П влихин

Ред ктор  
Ан ст сия Никитин

Ан литики  
Артур Г йгер  
Д рья Беляев

Журн листы  
Анн Игн тьев  
Елен Алифиоров  
Денис С восин  
С бин Б б ев

Диз йн и верстк  
Елен В летов

Корректор  
Виктор Блохин

### РЕДКОЛЛЕГИЯ

Ампиров  
Юрий Петрович  
д.т.н., профессор, МГУ  
им. М.В. Ломоносов

Алюнов  
Алекс ндр Никол евич  
Вологодский  
госуд рственный  
университет

Б жин  
Вл димир Юрьевич  
д.т.н., эксперт РАН,  
С нкт-Петербургский  
горный университет

Гриценко  
Алекс ндр Ив нович  
д.т.н., профессор,  
к демик РАН

Гусев  
Юрий П влович  
к.т.н., профессор,  
ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

Д нилов-Д нильян  
Виктор Ив нович  
д.т.н., профессор,  
член-корреспондент  
РАН,  
Институт водных  
проблем РАН

Двойников  
Мих ил Вл димирович  
д.т.н., профессор,  
С нкт-Петербургский  
горный университет

Еремин  
Алексей Мих йлович  
д.т.н., профессор,  
РГУ нефти и г з (НИУ)  
им. И.М. Губкин

Илюхин  
Андрей Вл димирович  
д.т.н., профессор,  
Советник РААСН,  
Московский  
втомобильно-дорожный  
госуд рственный  
технический университет

К невск я  
Регин Дмитриевн  
действительный  
член РАН, д.т.н.,  
профессор,  
РГУ нефти и г з (НИУ)  
им. И.М. Губкин

М к ров  
Алексей Алекс ндрович  
д.т.н., профессор,  
к демик РАН, Институт  
энергетических  
исследов ний РАН

М степ нов  
Алексей Мих йлович  
д.т.н., профессор,  
к демик РАН,  
Институт энергетической  
стр тегии

Мищенко  
Игорь Тихонович  
д.т.н., профессор,  
Ак демик РАН,  
РГУ нефти и г з (НИУ)  
им. И.М. Губкин

П нкр тов  
Дмитрий Леонидович  
д.т.н., профессор,  
Н бережночелнинский  
институт

Половинкин  
В лерий Никол евич  
д.т.н., профессор,  
действительный член  
РАИИ,  
Военно-морск я  
к демия

С лыгин  
В лерий Ив нович  
д.т.н., член-  
корреспондент РАН,  
профессор  
МИЭП МГИМО МИД РФ



Изд тельство:  
ООО Информ ционное гентство  
Neftegaz.RU

Директор  
Ольг Б хтин

Отдел рекл мы  
Дмитрий Аверьянов  
Денис Д выдов  
Ольг Щерб ков  
В лентин Горбунов  
Олег Кит ев  
Ек терин М рд сов  
Артур Ог несян  
pr@neftgaz.ru  
Тел.: +7 (495) 650-14-82

Предст витель в Евросоюзе  
Виктория Г йгер

Служб технической  
поддержки  
Андрей Верейкин  
Сергей Прибыткин  
Евгений Сук лов

Выст вки,  
конференции,  
р спростр нение  
М рия Коротков

Деловой журн л Neftegaz.RU  
з регистриров н федер льной  
службой по н дзору в сфере  
м совых коммуник ций, связи  
и охр ны культурного н следия  
в 2007 году, свидетельство  
о регистр ции ПИ №ФС77-46285

Адрес ред кции:  
127006, г. Москв , ул. Тверск я, 18,  
корпус 1, оф. 810  
Тел. (495) 650-14-82, 694-39-24  
www.neftgaz.ru  
e-mail: info@neftgaz.ru  
Подписной индекс МАП11407

Перепеч тк м тери лов журн л Neftegaz.RU невозможен без письменного р зшения гл вного ред ктор . Ред кция не несет ответственности з достоверность информ ции, опубликов нной в рекл мных объявлениях, т же з политические, технологические, экономические и пр вовые прогнозы, предост вленные н литик ми. Ответственность з инвестиционные решения, принятые после прочтения журн л , несет инвестор.

Отпеч т но в типогр фии  
«МЕДИКОЛОР»

З явленный тир ж  
8000 экземпляров



## КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ:

в центре внимания, в центре Москвы

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ

26-29 апреля 2021 г.  
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.oilandgasforum.ru

20-я международная выставка

# НЕФТЕГАЗ-2021



26-29 апреля 2021 г.  
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.neftgaz-expo.ru

12+





1 января 2021 г. дан старт болгарскому участку МГП Турецкий поток



В Хорватии зрительский терминал по приему СПГ



Звершение проект Северный поток-2 под вопросом

## С НОВЫМ ГАЗОМ!

1 ЯНВАРЯ 2021 ГОДА БЫЛ ДАН СТАРТ ТРЕМ НОВЫМ МАРШРУТАМ ПОСТАВОК ГАЗА ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

### Анна Павлихина

Чтобы столкнуть с собой лидерство на европейском газовом рынке России необходимо успешно реализовать два проекта – Северный поток-2 и Турецкий поток, которые зклучают Европу в газовое кольцо.

В первый день нового года президент Сербии А. Вучич официально дал старт болгарскому участку МГП Турецкий поток, газ по которому, помимо Сербии, будут получать еще пять европейских стран: Болгария, Греция, Северная Македония, Румыния, Босния и Герцеговина.

Газопровод зрботал в очень удачное время. В этом году прокчек газ через украинскую ГТС сокращается на 25 млрд м³, которые нужно будет как-то компенсировать. Балканский поток обеспечит подчас газ в объеме 4 млрд м³ в год, после ввода в эксплуатацию двух компрессорных станций сможет прокчить 12 млрд м³.

Поступающий по договору газ не остается в стране в полном объеме, идет дальше по цепочке: из своих 12 млрд м³ Сербия отправляет 9 млрд м³ в Венгрию, а из своего объема – 4,3 млрд м³ в Словакию.

В тот же день, 1 января, в Хорватии началось строительство терминала по приему СПГ, приняв участие сжиженного газа из США.

Одновременно с Балканским потоком начались поставки по Трансбалтийскому трубопроводу. Согласно контракту, Букнина протяжении четверти века ежегодно будет поставлять 10 млрд м³ газа на рынки Италии, Греции, Болгарии и соседних стран.

Эта небольшая диверсификация поставок позволила ряду европейских стран увидеть себя газовым хабом. Неудивительно, конечно, не только Болгария окзывается практически зкрыта для других поставщиков газа, зкрепленным в договорных поставках принципом «take or pay», согласно которому он обязуется ежегодно



покупать 80% зконтрактов на газ у России и Азербайджана газ или выплачивать компенсацию в размере 108 млн долл. США.

Южный газовый коридор считается основным элементом в системе диверсификации. Но, каким бы важным ни был этот проект для стран Южной Европы, он не решает газовый вопрос для ключевых рынков, в частности – Германии, которая очень рассчитывает на завершение строительства Северного потока -2 и в попытке противостоять санкциям уже организует фонд, призванный помочь компаниям, действующим в строительстве МГП, обойти санкционные запреты.

Цены на газ восстанвливаются, спрос в Европе растет. А достройка Северного потока -2 под серьезным вопросом. Сроки проекта уже затянулись более чем на год, стоимость выросла более чем на миллиард долларов.

Газопровод готов на 94% и преодолел уже немало возражений со стороны США. В январе кандидат в госсекретари США Э. Блинкен заявил, что власти США будут стараться убедить иностранных партнеров прекратить поддерживать строительство газопровода, в противном случае США могут задействовать инструменты, которые не использовались ранее. В простонародье это называется грубым словом «шантаж», и, как правило, имеет неприятные последствия. 19 января «Газпром» сообщил инвесторам о риске полной остановки строительства газопровода. Это заявление выглядит логичным призывом о помощи. Устав противостоять политическому давлению, компания призвала помощь все заинтересованные стороны. Зинтересованность сторон – инвесторов – измеряется круглой суммой в 12 миллиардов евро (вряд ли такие вложения в энергетическую инфраструктуру можно поставить под удар), что дает основания ожидать в скором времени ответной реакции.

В том, что от проекта откажутся, есть серьезные сомнения, вот в том, что он столкнется с немалыми трудностями после запуска в эксплуатацию (когда бы это не случилось) сомнений нет. Согласно поправкам к Газовой директиве, принятым ЕС в 2019 г., оператором Северного потока -2 должен выступить независимый от Газпрома компания, 50% мощности – зполнены газом других поставщиков. Поэтому неизбежно полгазть, что оставшиеся полторы сотни километров газопровода, зстроительство которых звернулся с нешуточной борьбой, станут последним кзменением на пути к безоблачному экспорту российского газа.

# УДАЧНОЕ СОВПАДЕНИЕ

Елен Алифиров

Совет Федерации одобрил закон, согласно которому с 2021 г. добытая на новых месторождениях полуостровов Тимур нефть не будет облагаться экспортным налогом.

Нормы, предусматривающие освобождение от пошлины, был оформлен как поправки к закону об отсрочке таможенных платежей и внесен на рассмотрение ко второму чтению законопроект 8 декабря 2020 г. На следующий день закон был принят Госдумой.

Для нефти, добытой в нефтегазовой провинции на полуострове Тимур, поправки предусматривают освобождение от вывозных таможенных пошлин по технологии с иными новыми регионами нефтедобычи – Восточной Сибирью, Красноярским краем.

Подтверждена ресурсная база на полуострове Тимур по жидким углеводородам составляет 6 млрд т.

По случаю восточной провинции Восток Ойл, дочка Роснефти, реализующая новый арктический проект компании на севере Красноярского края, открыл на Зандо-Иркинском участке недр на полуострове Тимур новое уникальное месторождение с запасами нефти более 500 млн т.

По результатам выполненных в пределах участка недр ГРП выявлены залежи нефти в нижнемеловых отложениях: в пластах Сд10 (суходудинская свита), Нх4-3 (нижнехетская свита). Это позволило открыть новое Зандо-Иркинское месторождение.

Запасы нефти поставлены на госбаланс запасов полезных ископаемых в объеме 511 млн т нефти и 138 млрд м³ растворенного газа по сумме категорий С1+С2.

Роснефть подлуживку участку в конкурсе по Зандо-Иркинскому участку недр на полуострове Тимуре в 2019 г. Не победить компания не могла, поскольку только Роснефть соответствовала условиям конкурса.

В Восток Ойл войдут активы Роснефти на севере Красноярского края: Зандо-Иркинский участок недр и месторождения Восточного кластера (Восточное, Сузунское, Тугульское и Лодочное).

Несмотря на уже имеющиеся гигантские запасы, Роснефть продолжает формировать ресурсную базу Восток Ойл и для этих целей намерена выкупить у Э. Худайнатов гигантское по запасам месторождение. ●

## Рейтинги Neftegaz.RU

В декабре Госдум одобрил в третьем чтении закон, освобождающий нефтяные компании от экспортной пошлины на нефть, добытую на новых месторождениях на полуострове Тимур. Будет ли эффективна такая норма?

Нужно ли вводить льготы для нефтяных компаний, работающих в Арктике?

8%

Да, бурить и добывать в вечной мерзлоте при отсутствии инфраструктуры дороги

29%

Нет, нефтяные компании получают сверхприбыли и должны платить налоги

14%

Да, льготы помогут добывать больше УВ, а значит, платить больше налогов

34%

Нет, компании должны вкладываться в разработку эффективных технологий, которые позволят сократить затраты на добычу

15%

Государство должно помогать строить инфраструктуру, а компании должны платить все необходимые налоги

Четверть всех сделок между Россией и Китаем в прошлом году был заключен в национальных валютах – рублях и юанях. На международном рынке – это не единственный пример торговых отношений, когда страны отказываются от расчетов в долларах. Стоит ли ломать традиционную систему?

Нужно ли переходить на расчеты в национальных валютах?

31%

Да, это ослабляет позиции доллара и способность США использовать его в качестве рычага политического влияния

10%

Нет, участникам торговых отношений будет отказано в выборе торговых партнеров, а значит, и в выборе условий сделки

12%

Да, это будет способствовать увеличению товарооборота

9%

Нет, национальные валюты развивающихся стран подвержены рискам и могут в одночасье обесцениться

38%

Страна может переходить на национальную валюту, но при этом ее торговый баланс должен быть преимущественно экспортным

5–8 ОКТЯБРЯ 2021



# X ЮБИЛЕЙНЫЙ ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФОРУМ

ПРИЗНАННАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ ДИСКУССИИ  
О РАЗВИТИИ МИРОВОЙ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

РЕКЛАМА

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ

ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
СПОНСОР



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
**ЭКСПОФОРУМ**  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

+7 (812) 240 40 40 (ДОБ. 2626, 2122)  
GF@EXPOFORUM.RU

**GAS-FORUM.RU 18+**



Выборы президента  
Обвал рынка акций  
Газовые войны  
Запуск нового производства  
Северный поток  
Слияние капиталов  
Новый глава Роснефти  
Цены на нефть

Второй рынок ВСТО  
Богучанская ТЭС запущена  
Продажа квот  
Дошли руки до Арктики  
Южный поток  
Цены на газ  
Слияние капиталов  
Северный поток достроили

### Взялись за нефтехимию

В. Путин дал ряд поручений по развитию нефтегазохимической отрасли. В т.ч. разработать демпфер для синтетического каучука, предусмотреть условия для логобложения в зависимости от биржевой цены на турбинный каучук.

В целях стимулирования внутреннего спроса на нефтегазохимическую продукцию поручено разработать дорожную



карту по ускоренной реализации проектов модернизации объектов коммунальной инфраструктуры.

Для повышения конкурентоспособности отечественной нефтегазохимической продукции разработать комплекс мер на период до 2030 г. производства 25% готовых изделий из ПЭТФ и 10% готовых изделий из полиолефинов с обязательным использованием вторичного сырья из полимерных отходов.

Также предписано обеспечить разработку национальных стандартов РФ для продукции с содержанием вторичного сырья из полимерных отходов.

Приветствуя РФ совместно с Роснефтью и Газпромом рассмотреть вопрос о возможных мерах господдержки ВНХК и разработать дорожную карту по строительству объектов внешней инфраструктуры.

### Ученые оценили запас сырой нефти с помощью 3D-модели

Специалисты ИГиГ СО РАН оценили запасы нефти в Гыднском округе нефтегазового бассейна, который расположен на северо-западе Сибирского нефтегазового бассейна, включая часть Ямало-Ненецкого полуострова и частично Каспийского моря.

Для оценки запасов ученые создали 3D-модель этой территории, включающую геофизические, геохимические, петрофизические и геологические данные.



Площадь модельного блока составляет 350 тыс. км<sup>2</sup>. В модели учтены в т.ч. мшистые льды и оледенения, толщина льда на глубинах моря в периоды накопления отложений горизонтов. По результатам исследований ученые провели оценку запасов нефти суммарных ресурсов меловых нефтегазовых комплексов (возраст отложений – от 145 млн лет до 93,9 млн лет): нижнемеловые резервуары содержат 5,3 млрд т жидких и 11,9 трлн м<sup>3</sup> газообразных УВ. Верхнемеловые – около 2,8 млрд т жидких и 15,1 трлн м<sup>3</sup> газообразных УВ. Суммарно в залежах содержится 27,1 трлн м<sup>3</sup> газообразных УВ и 8,3 млрд т жидких. Наиболее перспективные, но пока еще нераскрытые месторождения углеводородов находятся

в центральной, северной и северо-восточной частях Гыднского округа нефтегазового бассейна.

### 65 млрд рублей на ядерную устьновку

В рамках госпрограммы «Развитие атомной энергетики» выделены 65 млрд руб. на строительство исследовательской ядерной устьновки на базе многоцелевого реактора в Димитровграде в Ульяновской области. Ожидается, что устьновка мощностью 150 МВт станет самым мощным в мире научным ядерным комплексом. Ввод в эксплуатацию запланирован на 2028 г. Стройкомплексом выступит НИИ атомных реакторов, входящий в состав Росатом.



Комплекс поможет разработать новые технологии производства тепла и электроэнергии, радионуклидов и модифицированных материалов; подробнее изучить проблемы переработки ядерных отходов и замкнутого топливного цикла. На базе устьновки планируется создать междисциплинарный центр исследований, который позволит объединить усилия ученых из разных стран для проведения научных исследований в сфере мирного атома.

### Новая присадка для дизеля

Саратовский НПЗ начал выпуск дизельного топлива Евро-5 с новой присадкой российского производства. Присадка разработана специалистами Роснефти. Ее особенность состоит в бифункциональности – сочетании депрессорно-диспергирующих и противоизносных свойств, что позволяет улучшить прокачиваемость топлива при пониженных температурах, предотвратить расслоение топлива в процессе хранения при низкой температуре, также повышает эффективность производства дизельного топлива.



Новая присадка имеет высокие потребительские характеристики, которые по ряду показателей превосходят импортные аналоги.

### На арктическом шельфе РФ могут создать льготный режим

В приветствии РФ внесен законопроект о создании льготного режима по освоению арктического шельфа. Год назад в приветствии уже шли разговоры о необходимости интенсифицировать изучение шельфа, стимулирование конкуренции, расширение доступа



к нему частных инвесторов и сегодня уже осуществлен 15-летний льготный налоговый режим. Ранее Минвостокразвития предложило либерализовать доступ к шельфу Арктики и Тихого океана с 2021 г. Ведомство предлагает допустить к разработке шельфа российские частные и иностранные компании. Одни компании могут быть допущены только если «государственная регистрация юридического лица или дочерней компании иностранного юридического лица осуществлена на территории субъектов России, входящих в состав сухопутных территорий Арктической зоны РФ или в ДВФО». Минвостокразвития также разработает механизм поддержки лизинга для предприятий в Арктической зоне России.

### Российские ученые оптимизировали процесс синтеза аммиака

В ходе процесса синтеза аммиака расходуется много электроэнергии, один из самых энергозатратных этапов – это выделение аммиака из реакционной смеси. Российские ученые из РХТУ, НГТУ

и ННГУ предложили проводить реакцию с помощью гибридной технологии, сочетающей возможности мембранной очистки и современных адсорбентов.

Выяснилось, что таким образом можно получить аммиак с чистотой до 99%, затратив гораздо меньше энергии. В ходе процесса водород и азот пропускают при высоком давлении через катализатор и выходе получают газозольную смесь, из которой нужно выделить чистый NH<sub>3</sub>. Сейчас для этого смесь охлаждают с помощью большого



количеством холодильников, из-за чего процесс очистки потребляет очень много энергии. Российские ученые предложили гибридную технологию очистки газов, протекающую в аппарате их собственной конструкции. ●

1 трлн м<sup>3</sup>/год

— потенциал России по добыче газа

Россия может производить

120-140

млн т СПГ в год

На 70,5%

реализован проект строительства Амурского ГПЗ

На 0,5% снизилась выработка электроэнергии в России в 2020 г.,

сост вил 1,075 трлн кВт·ч. По этому пок з тлю Россия з ним ет 4-е место в мире

На 76% вырос ущерб от аварий на нефтегазовых объектах в 2020 г.

Экономический ущерб сост вил 5,356 млрд руб.

В России стали производить на 3,7% больше СПГ

Всего с янв ря по ноябрь было произведено 27,6 млн т

Почти на 2% снизится сланцевая нефтедобыча в США в январе 2021 г., добыч сл нцевого г з — н 1%

700 млрд руб./год может составить суммарный эффект от внедрения искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли

На 44% упали доходы Газпрома от экспорта газа за 10 месяцев 2020 г.

Физический экспорт г з з янв рь—октябрь 2020 г. уп л н 11,4% — до 159 млрд м<sup>3</sup>

На 9,6% (до 296 млн т) снизилась добыча каменного угля в России в январе—ноябре 2020 г.,

добыч бурого угля — н 11,2%, до 65,3 млн т

До 55% снижение выбросов в атмосферу согласовала Еврокомиссия к 2030 г.

30 млрд фунтов стерлингов получают британские компании на модернизацию энергетической инфраструктуры в 2021–2026 гг.

Выделяем я сумм н 20% превыш ет изн ч льно пл ниров вшийся м ксим льный объем инвестиций

# ГЛУБИНА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В РОССИИ

## Чеботова Виктория Игоревна

студентка,  
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени им. И. М. Губкина

## Уланов Валерий Владимирович

старший преподаватель  
кафедры проектирования и эксплуатации газонефтепроводов,  
заведующий лабораторией,  
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени им. И. М. Губкина

В ДАННОЙ СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ ТЕМА ГЛУБИНЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ (ГПН) В РОССИИ. ДЕМОНСТРИРУЕТСЯ СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГПН ЗА 20 ЛЕТ (2000–2020 гг.). ОТМЕЧАЕТСЯ ВАЖНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА МЕЖДУНАРОДНОМ РЫНКЕ УГЛЕВОДОРОДОВ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМКУ СТРАНЫ. ПРИВЕДЕНЫ ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В РОССИИ

THIS ARTICLE DISCUSSES THE TOPIC OF THE DEPTH OF OIL REFINING IN RUSSIA. THE COMPARISON OF OIL REFINING DEPTH INDICATORS FOR 20 YEARS (2000–2020) IS DEMONSTRATED. THE IMPORTANCE OF DOMESTIC OIL REFINING IN THE INTERNATIONAL HYDROCARBON MARKET AND ITS IMPACT ON THE COUNTRY'S ECONOMY IS NOTED. POSSIBLE OPTIONS FOR IMPROVING OIL REFINING IN RUSSIA ARE ALSO PRESENTED

Ключевые слова: глубина переработки нефти, нефтепереработка, нефтеперерабатывающие заводы, потребление нефти.

Данные из открытых источников позволяют оценить техническое состояние нефтеперерабатывающей отрасли в России.

Так, например, исходя из данных Минэнерго России (реестр НПЗ) из 38 заводов, характеризующихся как «введенные в эксплуатацию», 24 завода эксплуатируются уже более полувека.

Наиболее показательными в данном контексте являются следующие НПЗ:

- Туапсинский, который эксплуатируется с 1928 года;
- Саратовский, работающий с 1934 года;
- Московский, функционирующий с 1938 года.

Срок эксплуатации НПЗ – 60 лет. Из этого следует, что больше половины НПЗ устарели. Более того, бензин, получаемый в результате переработки на старом оборудовании, экспортируется в очень малом количестве, так как не соответствует международным стандартам.

Нефть занимает ведущее место в мировом топливно-энергетическом хозяйстве. Доля ее потребления в России непрерывно росла до 2004 года, немного снизилась к 2014 году и снова возросла к 2018. Однако потребление нефти в 2020 меньше, чем в 2 предыдущих. Это можно объяснить весенним локдауном по стране, так как движение транспорта заметно сократилось. Наглядное сравнение можно увидеть из рис. 1.

В отечественной нефтепереработке под глубиной переработки нефти подразумевается суммарный

выход в процентах на нефть всех нефтепродуктов, кроме непревращенного остатка, используемого в качестве котельного топлива (КТ):

$$ГПН = 100 - КТ - (Т + П) \quad (1)$$

Где ГПН – глубина переработки нефти, Т и П – соответственно удельные затраты топлива на переработку и потери нефти на НПЗ в процентах на сырье [1].

Добыча нефти в России в 2020 году составляет 512,68 млн тонн, однако наблюдается небольшое отставание в области ГПН.

Эффективность НПЗ является важнейшим фактором для повышения конкурентоспособности отечественного нефтяного сектора на международном рынке углеводородов.

Процент глубины переработки нефти как раз и является тем показателем, который указывает на состояние нефтеперерабатывающей отрасли в целом.

С начала 2000-х годов процент ГПН медленно, но рос: он составлял 66% к середине 2000-х, и уже 74% по состоянию на 2015 год.

При этом важно отметить, что по российским стандартам результат признается хорошим, если процент ГПН находится в районе 80%. Заводов, чьи показатели значительно превышают данный показатель, немного. В данном контексте можно упомянуть НПЗ компании «Газпромнефть» в Омске – этот завод уже более десяти лет дает результат ГПН стабильно больше 90%.

Для сравнения: в наши дни только среднее значение ГПН нефтеперерабатывающих заводов

## ФАКТЫ

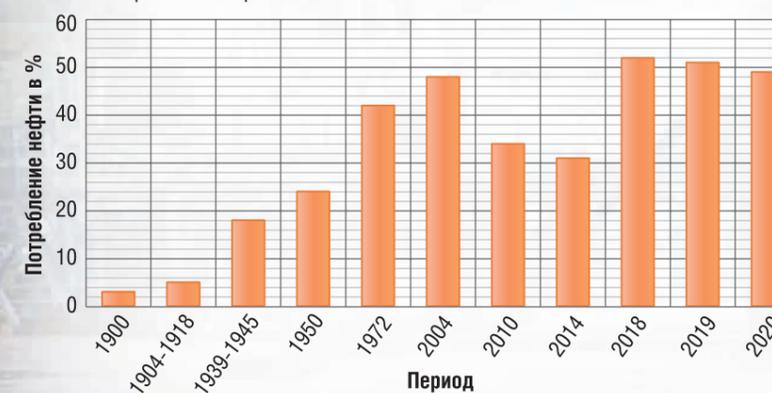
38

российских заводов характеризуются как «введенные в эксплуатацию»

24

завода эксплуатируются уже более полувека

РИС. 1. Потребление нефти в России



в Европейском союзе составляет 85%, в США тот же средний показатель глубины переработки нефти равен 96%.

Тем не менее к 2019 году за счет постепенного обновления российских НПЗ наблюдается увеличение процентной глубины переработки нефти, как показано на рис. 2.

Следует отметить, что показатель глубины переработки нефти в год по стране нельзя считать объективным, так как если Омский или Волгоградский НПЗ достигают 92% глубины, то некоторые российские заводы не достигают даже средних значений середины прошлого века.

Переработка нефти в России осуществляется с использованием следующей формы расчета ГПН:

$$ГПН = ((ООПС - ОПМ - ОПП - ОТПСН) / ООПС) * 100\% \quad (2)$$

где ООПС – значение общего объема переработанного сырья, ОПМ – значение объема полученного мазута, ОПП – значение объема производственных потерь, ОТПСН – значение объема топлив, потраченного на собственные нужды [2].

Рецепт повышения глубины переработки прост: надо научиться перерабатывать все остатки первичных процессов, то есть мазут и гудрон.

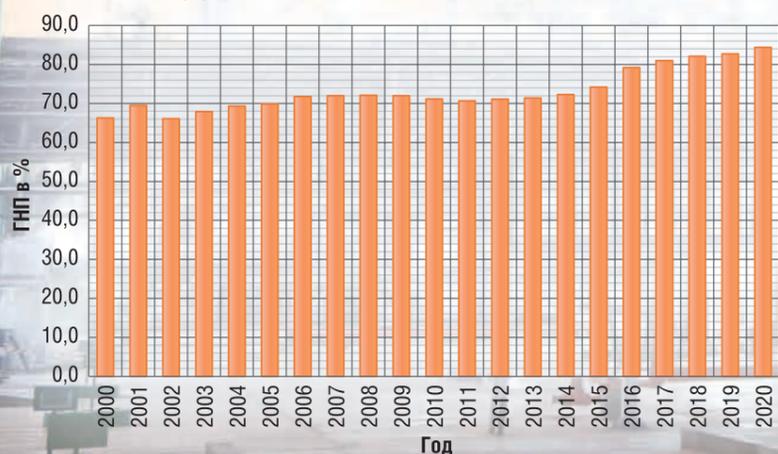
### Переработка нефти в 2020 году

За первые три месяца 2020 года нефтеперерабатывающие заводы в России увеличили объемы переработки на 3,5%.

Однако, неоднозначная ситуация на международном рынке углеводородов, также общемировой кризис, вызванный пандемией коронавируса, обусловили сокращение объемов переработки нефти. Об этом говорят данные из открытых источников – за первые три квартала 2020 года объем нефтепереработки составил 70 миллионов тонн нефти. Этот показатель на 6,2% меньше, чем показатель нефтепереработки по итогам трех кварталов 2019 года.

В 2020 году Россия снизил объемы добычи нефти по причине весенних договоренностей в рамках

РИС. 2. Глубина переработки нефти в России



### ФАКТЫ

**60** лет

составляет срок эксплуатации НПЗ

**66** %

составляет рост глубины переработки с начала тысячелетия к середине 2000-х, к 2015 г. рост составил 74%

ОПЕК+, также из-за ограничений, вызванных пандемией COVID-19.

При этом, несмотря на сокращение объемов нефтепереработки (учитывается спрос на нефтепродукты в настоящий момент, также низкая маржа из-за коронавируса), показатель глубины переработки остается выше, чем ожидалось в таких условиях.

Из отчета вице-премьер (долгое время бывшим министром энергетики России) Александр Новиков президенту РФ Путину следует, что показатель глубины переработки нефти за 2020 год составил 84,4%, что превышает логичный показатель 2019 года.

По итогам девяти месяцев 2020 года глубина переработки на Московском НПЗ составила 85,8%, на Омском НПЗ – 94,6%.

### Омский и Московский НПЗ. Причины высокой переработки относительно других НПЗ России

Рост производства зимних марок дизеля является главной задачей для Омска. При этом программы всех заводских предприятий предусматривают практически полный отказ от выпуска высокосернистого мазута. Однако и здесь отличия существуют: в продуктовой корзине Омского НПЗ по-прежнему остаются востребованное рынком судовое топливо, выпускающееся на основе тяжелых фракций.

Основные процессы глубокой переработки Омского НПЗ – это производство серы, водорода и гидрокрекинг, мощность которой 2 млн тонн/год является ключевой в комплексе глубокой переработки нефти (КГПН). С помощью нее высококипящие составы нефти преобразуются в более ценные низкокипящие продукты, такие как: дизельное топливо, бензин и керосин. Для переработки гидрокрекингом завод использует в куумный газойль первичной переработки, тяжелый газойль устаревших медленных коксования и остальные точные продукты процессов производства сел [3].



Московский НПЗ расположен неподалеку от развилки магистрали, который потребляет около половины объема регонового топлива в России. По этой причине главный продукт гидрокрекинга на НПЗ – это керосин. Также московские дороги строятся битумом, произведенным на данном заводе.

Московский НПЗ приступил к демонтажу устаревших объектов прошлого поколения, которые заменит новый комплекс переработки нефти «Евро+». Таким образом, внедряя современные технологические решения и избавляясь от устаревшего производства, в 2021 году будет выведено 5 объектов.

В июле 2020 года комплекс «Евро+» начал свою работу. Его суперсовременные технологии, и высокие экологические стандарты позволяют обеспечить полный цикл производства: от подготовки нефти до выпуска топлива [3].

#### ГПН и экономика

Количество потребляемых нефти и нефтепродуктов (в учет идут также расходы на тип топлива и потребление из резервуаров населения) предельно зависит от технического состояния топливно-энергетического комплекса (в частности, нефтеперерабатывающей промышленности) в любой точке земного шара.

Важно отметить, что такое же сильное влияние оказывает на состояние нефтеперерабатывающей отрасли и различные экономические показатели, например, размер регольного ВВП.

Влияние ГПН на экономику неоднозначно. С одной стороны, уменьшение глубины переработки нефти на действующих предприятиях приводит к сокращению выработки и, следовательно, к некоторой потере эффекта. С другой стороны, увеличение глубины переработки нефти связано с вводом большого количества вторичных процессов: гидрокрекинг, термокаталитический крекинг, коксование и др., что увеличивает общую сумму капитальных и эксплуатационных затрат.

### ФАКТЫ

**85** %

составляет среднее значение глубины переработки на НПЗ в ЕС, 96% – в США

На **3,5** %

увеличили объемы нефтепереработки российских НПЗ за первые три месяца 2020 г.

Возможные варианты совершенствования переработки нефти в России:

1. Модернизация технологических установок первичной перегонки нефти, что позволит увеличить выход дизельного топлива.
2. Углубление переработки нефти в процессе обработки бензина (каталитический крекинг, коксование) для увеличения выхода втобензинов.
3. Обновление базисного оборудования НПЗ.
4. Региональное размещение НПЗ по территории России, целью которого является приближение производства к районам потребления нефтепродуктов, чтобы их транспорт не превышал расстояний более 1000 км [4].

Отметим, что нестыковка между рынком углеводородов, также ряд других факторов явно обозначили необходимость модернизации топливно-энергетического комплекса России в целом, и нефтеперерабатывающей отрасли в частности.

Эффективность нефтеперерабатывающих заводов в России напрямую зависит от глубины переработки нефти, именно поэтому модернизация в этом направлении должна быть приоритетной для России. Можно сказать, что увеличение ГПН является вопросом выживания российского нефтяного сектора в условиях высококонкурентной среды на рынке углеводородов.

Поэтому реформирование должно происходить быстро и как можно скорее, для этого необходимо обеспечить его независимость от ситуации на международном рынке и от других внешних факторов.

#### Литература

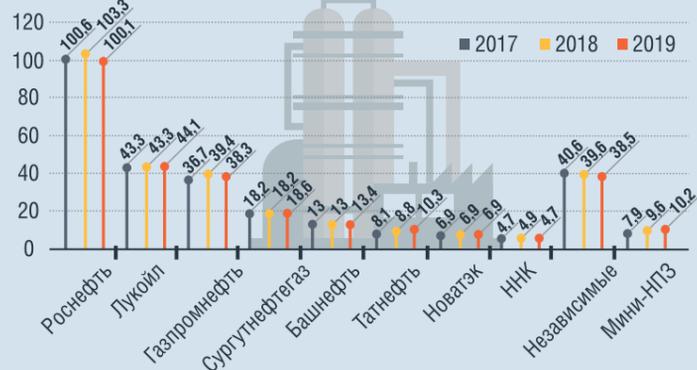
1. Все о глубине переработки нефти, формула расчета, показатели [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://musorish.ru>
2. Понятия, специфика, история развития и актуальные проблемы НПЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oosapfir.ru>
3. Светлый путь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru>
4. Основное технологическое оборудование и процессы транспорта нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Дейнеко, А.С. Алихашкин, Р.А. Шестаков, В.В. Уланов. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2018. – Режим доступа: <http://elib.gubkin.ru/content/23045> (дата обращения: 27.11.2019).

KEYWORDS: oil refining depth, oil refining, oil refineries, oil consumption.

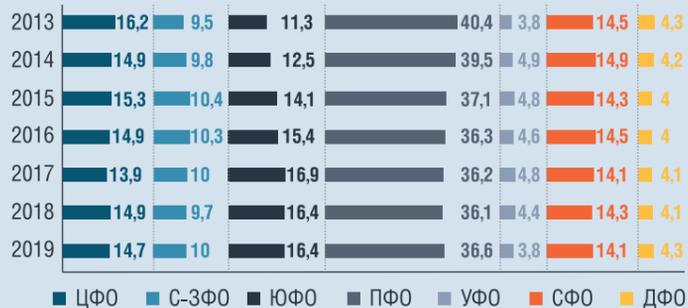
# Российский рынок нефтепереработки\*

## Характеристика российского рынка

Динамика переработки нефти в российских компаниях, млн т



Структура нефтепереработки в России по ФО без мини-НПЗ, %



Объем производства нефтепродуктов в России, млн т



Производство моторных топлив в Российской Федерации, млн т



Организационная структура объема переработки нефти в России, %



Доли компаний (ВИНК) в российской нефтепереработке в 2019 году, %



## Экспорт

Соотношение экспорта нефти и нефтепродуктов из России в динамике за 2015–2019 гг., млн т



## Структура переработки

Общее количество и владельцы НПЗ на 2020 год



Глубина переработки нефти в РФ за 2013–2019 гг., %



Глубина переработки нефти и выход светлых нефтепродуктов ведущих компаний за 2019 год, %



Структура нефтепереработки на заводах

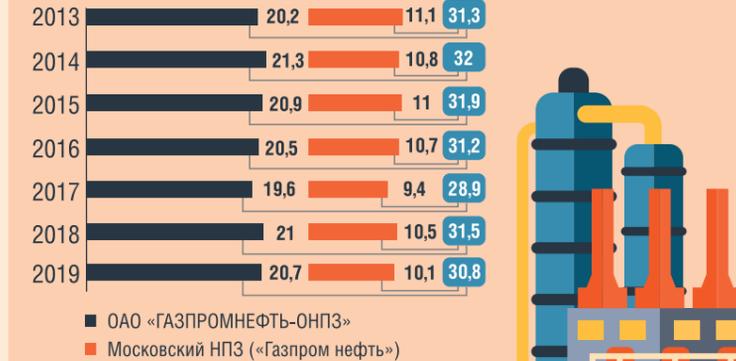
ПАО «НК «Роснефть», млн т



ПАО «ЛУКОЙЛ», млн т



ПАО «Газпром нефть», млн т



Ввод новых вторичных мощностей за 2011–2018 гг. и прогноз до 2024 г., млн т



\*По материалам аналитического отчета Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ»

# ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКИХ ПОЛИМЕРОВ

НЕСМОТЯ НА ТО ЧТО РОССИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ КРУПНЕЙШИХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СТРАН, ЕЕ ДОЛЯ В МИРОВОМ ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОЙ ПРОДУКЦИИ КРАЙНЕ МАЛА. С ЧЕМ СВЯЗАНА ТАКАЯ СИТУАЦИЯ И ЕСТЬ ЛИ ШАНС ЕЕ ИЗМЕНИТЬ?

DESPITE RUSSIA BEING ONE OF THE LARGEST OIL-PRODUCING COUNTRIES, ITS PART IN THE GLOBAL VOLUME OF POLYMER PRODUCTS IS NEXT TO NONE. WHAT IS THIS SITUATION RELATED TO AND IS THERE A CHANCE TO CHANGE IT?

Ключевые слова: нефть, химия, новые полимеры, ввод новых мощностей, мировой рынок, экспорт полимеров.



**Александр Шурков**  
директор группы корпоративных рейтингов агентства НКР, к.э.н.

К началу XXI века на территории России находилось примерно 2,3% мировых мощностей по производству полиэтилена, но к 2018 году ее доля уменьшилась до 2% из-за ввода крупных предприятий в Китае, Саудовской Аравии, Иране и США. Только после запуска в конце 2019 года комплекса «Зпсибнефтехим» (ПАО «Сибур Холдинг») увеличилась мощность российских производителей полиэтилена и составил рекордные для нашей страны 3,5% от мировой (рис. 1).

В этой статье рассмотрим три основных рынка базовых полимеров – полиолефинов: полиэтилен высокого давления, полиэтилен низкого давления, линейного полиэтилена низкой плотности и полипропилен. Рассмотрим каждый из типов продукции.

Полиэтилен высокого давления (ПВД), он же полиэтилен низкой плотности (англ. low-density polyethylene, LDPE) изготавливается путем полимеризации этилена при высоком давлении, графит имеет низкую плотность. Наиболее распространены конечная продукция из ПВД – трубы и полиэтиленовая упаковка (тара).

Полиэтилен низкого давления (ПНД), он же полиэтилен высокой плотности (англ. high density polyethylene, HDPE) изготавливается путем полимеризации этилена при низком давлении, плотность графита выше, чем у ПВД. Применяется для производства упаковки, труб, кабельной продукции и т.д.

Линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП), он же линейный полиэтилен высокого давления (англ. linear low-density polyethylene, LLDPE) по структуре близок к ПНД, по свойствам занимает промежуточное положение между ПНД и ПВД. Характеризуется повышенной устойчивостью к воздействию органических растворителей и высоким температур. Применяется для упаковки горячей пищи, изготовления емкостей и т.д.

В зависимости от вида производимых полимеров примерно 74–77% российского производства полиэтиленов и полипропилен

РИС. 1. Производство полиэтилена: распределение мощностей по странам на 01.01.2020 г. и их прирост за 2000–2019 гг.

	на 01.01.2020 г., млн т	прирост за 2000–2019 гг., млн т
Китай	21,3	19,0
США	21,6	7,4
Саудовская Аравия	9,9	7,1
Иран	5,3	4,7
Россия	3,4	2,3
Сингапур	2,6	1,9
Таиланд	3,2	1,9
Мексика	1,9	1,5
Южная Корея	5,0	1,3
Малайзия	2,0	1,2
Бразилия	3,0	1,1
Германия	4,1	1,1
Канада	4,2	0,7
Тайвань	1,5	0,5
Индия	0,6	0,3
Япония	3,2	-0,2
Бельгия	2,1	-0,3
Италия	1,0	-0,3

Источники: Refinitiv; расчеты НКР

УДК 691.175

ТАБЛИЦА 1. Крупнейшие российские производители полиолефинов

Компания	Группа	Доля производства за 9 месяцев 2020 г.			
		ПВД	ПНД	ЛПЭНП	полипропилен
«Зпсибнефтехим»*	«Сибур Холдинг»	0%	46%	55%	49%
«Кзыоргсинтез»	«ТАИФ»	34%	29%	5%	0%
«Нижнекамскнефтехим»	«ТАИФ»	0%	0%	40%	12%
«Створлен»	«Лукойл»	0%	18%	0%	6%
«Томскнефтехим»	«Сибур Холдинг»	41%	0%	0%	8%
«Уфоргсинтез»	НК «Роснефть»	14%	0%	0%	7%
«Полиом»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	0%	0%	0%	10%
«Газпром нефтехим Славск»	«Газпром»	5%	7%	0%	0%
НПП «Нефтехимия»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	0%	0%	0%	8%
«Ангарский завод полимеров»	НК «Роснефть»	7%	0%	0%	0%

\* Производство полипропилен ООО «Зпсибнефтехим» учтено с учетом ООО «Сибур Тобольск», которое 1 декабря 2020 года было присоединено к ООО «Зпсибнефтехим»

Источники: Refinitiv, данные компаний; расчеты НКР

приходятся на предприятия, относящиеся к группам «Сибур Холдинг» и «ТАИФ» (таблица 1).

Основные производства сосредоточены на предприятиях (в том числе совместных с группой «Сибур Холдинг»), входящих в структуру крупнейших российских нефтегазовых компаний: НК «Роснефть», ПАО «Газпром» и ПАО «Газпром нефть», ПАО «Лукойл». Весь российский линейный полиэтилен низкой плотности производится на предприятиях «Сибур Холдинг» и группы «ТАИФ» (таблица 2).

За счет ввода новых мощностей производство полимеров российскими компаниями может подскочить почти на 50% по итогам 2020 года относительно уровня 2019 года. Выпуск линейного полиэтилена низкой

плотности увеличится в 2,4 раза, полиэтилен низкого давления – в 1,9 раза, полипропилен – на 30%, производство полиэтилена высокого давления снизится примерно на 1%.

В 2020 году потребление полимеров на внутреннем рынке, по нашим оценкам, уменьшилось на 13%. В основном снизилось потребление полипропилен и полиэтилен низкого давления. Ослабление спроса на полиэтилен и полипропилен связано с пандемией коронавируса и снижением экономической активности в строительстве, также в отрасли, где пластики используются в качестве упаковочных материалов готовой и промежуточной продукции.

Мы ожидаем, что в 2021 году восстановление внутреннего спроса на пластики составит 7%.

Однако, учитывая масштабы снижения в 2020 году и умеренные прогнозные темпы восстановления спроса, внутреннее потребление в натуральном выражении превысит уровень 2019 года не ранее 2022 года.

Резкий рост производства полиэтилена и полипропилен на фоне снижения внутреннего потребления привел к высвобождению существенных объемов продукции для экспорта.

По характеристикам полимеры можно отнести к биржевым товарам со стандартными потребительскими свойствами, поэтому отечественный пластик может быть реализован на внешнем рынке даже в условиях снижения спроса за счет предложения более выгодных цен и вытеснения менее

ТАБЛИЦА 2. Структура российского производства полимеров по крупнейшим группам компаний

	Доля в производстве РФ за 9 месяцев 2020 г.			
	ПВД	ПНД	ЛПЭНП	полипропилен
«Сибур Холдинг»	41%	46%	55%	66%
«ТАИФ»	34%	29%	45%	12%
Остальные	26%	25%	0%	22%
<b>Всего за 9 мес. 2020 г., млн т</b>	<b>480</b>	<b>1341</b>	<b>403</b>	<b>1375</b>
Всего за 9 мес. 2019 г., млн т	491	700	166	1060
<b>Изменение 9 мес. 2020 г. / 9 мес. 2019 г.</b>	<b>-2%</b>	<b>92%</b>	<b>143%</b>	<b>30%</b>

Источники: Refinitiv, данные компаний; расчеты НКР

ТАБЛИЦА 3. В 2020 году Россия стала чистым экспортером основных видов полимеров

		Производство, тыс. т	Внутреннее потребление, тыс. т	Чистый экспорт (импорт), тыс. т	Потребление/Производство
2019	ПВД	656	600	56	91 %
	ПНД	871	1099	-228	126 %
	ЛПЭНП	227	413	-186	182 %
	полипропилен	1411	1270	141	90 %
2020 прогноз	ПВД	650	595	55	92 %
	ПНД	1655	924	731	56 %
	ЛПЭНП	544	412	132	76 %
	полипропилен	1835	998	836	54 %
2021 прогноз	ПВД	670	601	69	90 %
	ПНД	1650	980	670	59 %
	ЛПЭНП	540	428	112	79 %
	полипропилен	1890	1118	772	59 %

Источники: Refinitive; расчеты НКР

ТАБЛИЦА 4. Рост внутреннего потребления полимеров в РФ в 2021 году может составить 7%

	Производство, прогноз		Внутреннее потребление, прогноз	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
ПВД	↓ 1%	↑ 3%	↓ 1%	↑ 1%
ПНД	↑ 90%	0%	↓ 16%	↑ 6%
ЛПЭНП	↑ 90%	↓ 1%	0%	↑ 4%
Полипропилен	↑ 30%	↑ 3%	↓ 21%	↑ 12%
Итого	↑ 48%	↑ 1%	↓ 13%	↑ 7%

Источники: Refinitive; расчеты НКР

РИС. 2. Оценка чистого экспорт (импорт) полимеров по странам в 2020 году

	Чистый экспорт (импорт), млн т
Саудовская Аравия	8,0
США	5,1
Иран	3,4
Южная Корея	2,1
Сингапур	2,0
Таиланд	1,4
Россия	1,5
Бельгия	1,0
Германия	-0,3
Индия	-0,5
Испания	-0,5
Мексика	-0,9
Италия	-1,0
КНР	-16,0

Источники: Refinitive; расчеты НКР

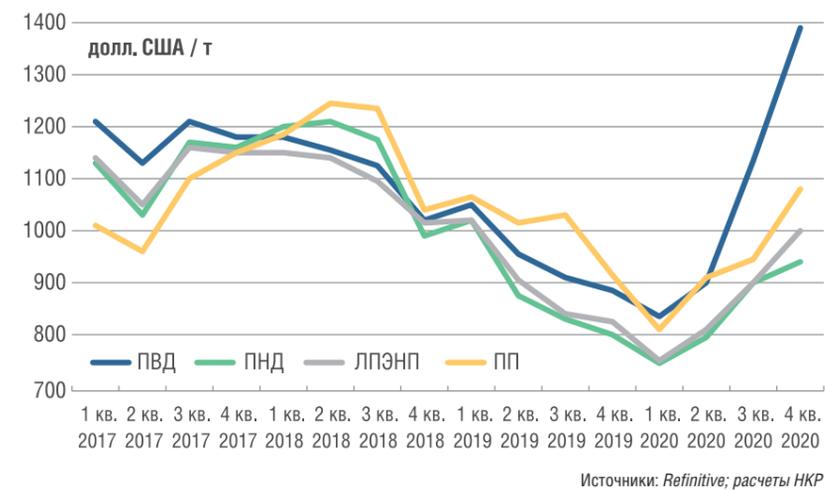
эффективных производителей. НКР также отмечает постепенное замещение импортного полиэтилена в РФ продукцией отечественных производителей, что позволяет привлекать часть новых объемов на внутренний рынок. Благодаря росту экспорта и снижению импорта по итогам 2020 года Россия впервые стала нетто-экспортером полиэтилена низкого давления и линейного полиэтилена низкой плотности (таблица 3).

По нашим оценкам, в 2021 году объемы российского производства полимеров вырастут незначительно – примерно на 1% относительно уровня 2020 года, поскольку существенный ввод новых мощностей не планируется (таблица 4).

Выручка зарубежных и российских нефтехимических компаний была под давлением еще до наступления пандемии: избыток производственных мощностей на ключевых рынках товарной химии вынуждал поставщиков снижать цены и сокращать неэффективные производства.

Особенностью мирового рынка полиэтилена является наличие нескольких крупных нетто-экспортеров полимеров, таких как Саудовская Аравия, США, Иран, Южная Корея, Сингапур, Таиланд, теперь и Россия. При этом только КНР является крупным чистым импортером и регулятором мирового спроса. Доминирование Китая обусловлено значительным спросом на полимеры в экспортно

РИС. 3. Цены на полимеры (USD/т) на азиатском рынке



Источники: Refinitive; расчеты НКР

ориентированных отраслях (производство потребительских товаров, электроника и т.п.) и в строительстве на фоне незначительной по сравнению с потреблением собственной добычи нефти и газа. Новые объемы пластификаторов, превышающие внутренние потребности производителей, конкурируют на китайском рынке.

Нефтегазовые добывающие страны достаточно активно реализуют инвестиционные проекты в секторе полимеров, что приводит к росту избыточных мощностей в мире и отрицательно сказывается на нефтехимическую продукцию.

В 2019 году рублевые цены на полиэтилены низкого давления упали на 17%, а полиэтилены высокого давления – на 21%, с учетом динамики обменного курса – на 11 и 16% соответственно. В первой половине 2020 года полиэтилен продолжал дешеветь.

Коронавирус по-прежнему сокращает спрос на полимерную продукцию. Положительное влияние ощутили поставщики полимеров для производства средств индивидуальной защиты и востребованных сейчас медицинских изделий.

Хотя во время пандемии снизилась интенсивность борьбы против использования пластиковой одноразовой посуды, упаковки и т.п., можно ожидать, что уже в ближайшее время эта борьба активизируется и требования использования вторичного пластика могут быть усилены.

Пандемическое снижение спроса на полимеров, используемых при производстве товаров, потребление которых резко снизилось. Например, падение спроса на автомобили и сопутствующую продукцию

привело к сокращению спроса на синтетические каучуки и другие сопутствующие полимеры.

Летом 2020 года, в ожидании завершения общемирового lockdown, началось постепенное восстановление мировых цен на основные виды полимеров. Небольшое восстановление влилось в цены на ПВД. Так, на азиатском рынке с 1-го по 4-й квартал 2020 года цены на ПВД увеличились более чем на 66%. В результате того же роста текущие цены на ПНД и ЛПЭНП сопоставимы с уровнем цен на начало 2019 года, а цены на ПВД находятся вблизи пятилетнего максимума (рис. 3).

Выручка отдельных российских предприятий, специализирующихся на производстве полимеров, по итогам 2020 года, вероятно, уменьшилась на 12–20%<sup>1</sup> относительно уровня 2019 года. Но в целом по отрасли сокращение не превысит 1% благодаря почти десятикратному росту выручки «Зпсибнефтехим», который завершил первый полный год операционной деятельности.

Отметим, что сокращение выручки ПАО «Нижнекамскнефтехим» в 2020 году обусловлено не только ситуацией на рынке полимеров, но и снижением спроса на синтетические каучуки, которые обеспечивают порядка 33% выручки компании. Большая часть производимых компаниями каучуков поставляется на экспорт:

<sup>1</sup> Разброс обусловлен разными показателями компаний за 1 полугодие и/или 9 месяцев 2020 года, а также разной структурой выпуска полимеров.

ТАБЛИЦА 5. Выручка крупнейших российских производителей полимеров, млрд руб.

	Групп	2018 г.	2019 г.	2020 г. прогноз	2020 г. прогноз / 2019 г.
«Зпсибнефтехим»	«Сибур Холдинг»	0,1	4,8	54	1022%
«Казаньоргсинтез»	«ТАИФ»	79,0	72,4	62	-15%
«Нижнекамскнефтехим»	«ТАИФ»	193,9	179,0	144	-20%
«Томскнефтехим»	«Сибур Холдинг»	12,8	13,2	12	-8%
«Полиом»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	18,3	16,7	15	-8%
НПП «Нефтехимия»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	10,5	9,6	8	-13%
«Ангарский завод полимеров»	НК «Роснефть»	7,5	7,8	7	-12%
<b>Итого</b>		<b>322,0</b>	<b>303,6</b>	<b>302</b>	<b>-1%</b>

Источники: отчетность компаний; прогнозы НКР

ТАБЛИЦА 6. Операционная прибыль (прибыль от продаж) крупнейших российских производителей полимеров, млрд руб.

	Групп	2018 г.	2019 г.	2020 г. прогноз	2020 г. прогноз / 2019 г.
«Зпсибнефтехим»	«Сибур Холдинг»	-0,5	1,4	15	959%
«Кэзньоргсинтез»	«ТАИФ»	24,4	16,9	10	-41%
«Нижнекамскнефтехим»	«ТАИФ»	29,6	27,9	18	-37%
«Томскнефтехим»	«Сибур Холдинг»	1,2	1,5	1	-36%
«Полиом»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	7,2	6,5	4	-41%
НПП «Нефтехимия»	СП «Сибур Холдинг» и «Газпром нефти»	3,6	3,0	2	-33%
«Ангарский завод полимеров»	НК «Роснефть»	0,4	0,8	0	-46%
<b>Итого</b>		<b>66,0</b>	<b>58,1</b>	<b>50</b>	<b>-14%</b>

Источники: данные компаний; прогнозы НКР

около половины экспортных закупок приходится на рынки Европы, треть – на рынки Азии и 16% – на рынки стран в других континентах. Поэтому ослабление спроса на автомобили и новые шины привело к существенному падению экспортных поставок. Снижению выручки также способствовали потеря для компаний крупного внутреннего потребителя кучук: ПАО «Нижнекамскшина» (входит в группу ПАО «Татнефть») переключилось на потребление кучуков производств ООО «Тольятти кучук» (приобретено в 2019 г. ПАО «Татнефть»).

Снижение цен на нефть положительно повлияло на производителей полимеров, которые в качестве сырья используют нефтепродукты. Произошло сглаживание глобальной кривой себестоимости этилена<sup>2</sup>, и производители, применяющие пиролиз газового сырья (в первую очередь, компании из США, использующие достаточно дешевый сланцевый газ), во многом утратили конкурентные преимущества.

Текущая ситуация существенно отличается от 2015–2016 гг., когда нефть подешевела, но цены на полимерную продукцию

остались достаточно высокими, что позитивно отражалось на марже производителей, использующих в качестве сырья нефть. В 2020 году, в условиях пандемии цены снизились и на сырье, и на полимеры.

Ослабление рубля отчасти помогло российским предприятиям, существенно снизить стоимость продукции, которую идет на экспорт. Но оно было недостатком сильным, чтобы компенсировать сокращение рублевой выручки и снижение маржинальности из-за падения цен.

Мы ожидаем, что крупнейшие российские производители полимеров завершили 2020 год с операционной прибылью (прибылью от продаж), но для каждого из них она сократится на 33–46% по сравнению с предыдущим годом. Исключение – «Зпсибнефтехим», операционная прибыль которого может увеличиться по итогам года в 9,6 раз. В целом операционная прибыль сектора, вероятно, уменьшилась в прошлом году на 14%.

Меры борьбы с «зимней» волной коронавирусной инфекции в ведущих странах (Франция, Германия и др.) не привели к заметной коррекции цен и спрос на полимеры – январские цены превышают цены закрытия

2020 года. При сохранении текущих тенденций, рост выручки российских производителей полимеров в РФ, по оценкам НКР, в 2021 году может превысить 5%. Этому будут способствовать вытеснение импортного пластика с российского рынка и рост экспортных поставок. Вместе с тем операционная прибыль российских производителей полимеров превысит уровень 2019 года не ранее 2022 года.

### Переоценка в лютых месяцах обесценивает операционную прибыль

Несмотря на положительные операционные результаты, компаниям сектора, похоже, закончили 2020 год с чистыми убытками.

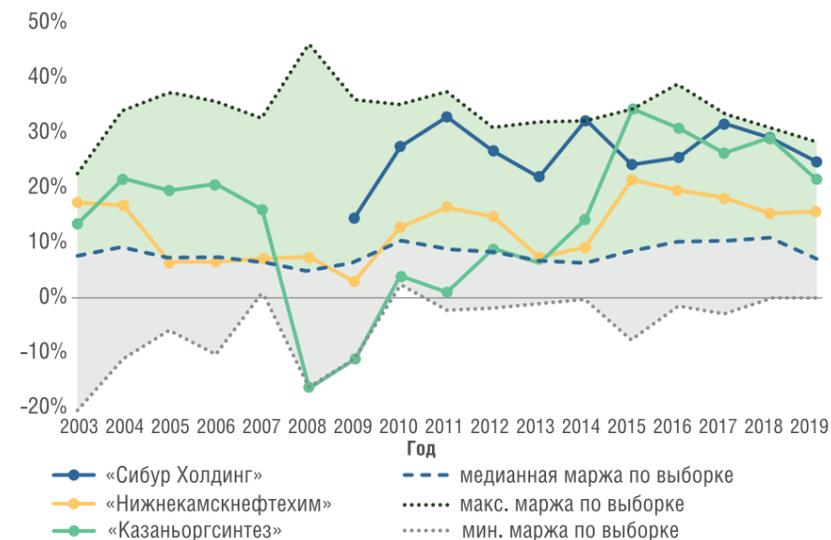
<sup>2</sup> Рассчитывается по производственным активам разных стран, которые производят схожие группы товаров. Кривая себестоимости позволяет сравнить эффективность производственных активов в текущих экономических условиях, а также оценить потенциал предложения продукции со стороны тех из них, которые в текущих условиях характеризуются положительной маржой операционной деятельности. Глобальную кривую себестоимости этилена по заводам-производителям из разных стран мира публикует Independent Commodity Intelligence Service (ICIS).

ТАБЛИЦА 7. Финансовые результаты крупнейших производителей полимеров России, млрд руб.

	Форм отчетности	Выручка		Операционная прибыль		Прибыль до налогообложения	
		9 мес. 2019 г.	9 мес. 2020 г.	9 мес. 2019 г.	9 мес. 2020 г.	9 мес. 2019 г.	9 мес. 2020 г.
«Сибур Холдинг»	МСФО	395,3	369,3	96,6	73,5	129,1	-32,7
«Нижнекамскнефтехим»	РСБУ	132,8	102,4	23,6	13,3	25,6	-3,2
«Кэзньоргсинтез»	РСБУ	58,2	46,9	16,5	8,0	14,8	8,2

Источники: данные компаний; прогнозы НКР

РИС. 4. Операционная маржа российских компаний по сравнению с выборкой 52 нефтехимических компаний мира



Источники: Refinitive; отчетность компаний; расчеты НКР

Основная причина – переоценка в лютых обязательствах в составе пассивов крупнейших производителей полимеров («Сибур Холдинг» и «Зпсибнефтехим», «Нижнекамскнефтехим»). В лютые месяцы привлекательными для финансирования инвестиционных проектов.

На 30.06.2020 г. в лютые обязательства набралось «Зпсибнефтехим» составляли 91,0% совокупных кредитов и займов и 29,9% ктивов. В целом по группе «Сибур Холдинг» в лютые обязательства составляли 82,4% кредитов и займов и 24,0% ктивов.

В нормальных условиях наличие в лютной выручки обеспечивает нетурбулентный хедж в лютных рисках балансов и позволяет в спокойном режиме обслуживать в лютной долг. Но в периоды ослабления национальной валюты лютые обязательства компаний не могут в полной мере использоваться положительный эффект девальвации: улучшение операционных показателей из-за снижения рублевых издержек в долговом выражении может полностью обесцениться переоценкой в лютном долге и ростом рублевых расходов на его обслуживание.

В дальнейшем для усиления конкурентоспособности отдельных российских нефтехимических компаний и расширенных цепочек создания ценности, в которых эти компании задействованы,

на мировом уровне может потребоваться снижение в лютной составляющей пассивов, чтобы в лютные обязательства не были сдерживающим фактором при ценовой конкуренции с иностранными поставщиками полимеров.

### В ожидании кратного роста производств

По мнению НКР, динамика спроса на основные виды полимеров и позиции российских компаний на мировом рынке в долгосрочной перспективе будут определяться целой совокупностью факторов. Это конкуренция с другими нетто-экспортерами на рынках чистых импортеров, мировые

цены на нефть и природный газ и их соотношение, скорость и равномерность восстановления мировой экономики после пандемии, эффективность мер по увеличению использования вторичного пластика, также эффективность ограничений использования односторонних пластиковых изделий.

Результатом действия указанных факторов будет сжатие операционной маржи компаний сектора в целом по миру и дальнейшее вытеснение с рынка менее эффективных производителей.

В последние 6 лет маржа операционной прибыли крупнейших российских производителей пластика существенно превосходила средний показатель, рассчитанный по выборке из 52 крупнейших нефтехимических компаний мира. Причем в отдельные периоды маржа российских компаний была близка к максималным значениям в выборке.

НКР ожидает, что в 2020–2022 гг. средняя операционная маржа нефтехимических компаний мира может снизиться на 5–7 процентных пунктов относительно уровня 2015–2019 гг. – с 11,7 до 4–7%. Маржинальность российских производителей существенно выше среднемировой, но тоже снизится по сравнению с уровнем 2015–2019 гг.

По нашим оценкам, в рамках базового прогнозного сценария суммарное производство полиэтилена и пропилен в России к 2028 году может подскочить более чем в 3,4 раза относительно уровня 2019 года,



ТАБЛИЦА 8. Прогноз маржинальной операционной прибыли на 2020–2022 гг.

Показатель	Среднее за 2015–2019	2019	2020–2022П
Максимум по выборке из 52 компаний	28,8%	28,2%	
Сибур Холдинг	27,0%	24,8%	22–24%
Казаньоргсинтез	28,3%	21,5%	17–19%
Нижнекамскнефтехим	18,0%	15,6%	12–14%
<b>Среднее по выборке из 52 компаний</b>	<b>11,7%</b>	<b>8,0%</b>	<b>6–7%</b>
Минимум по выборке из 52 компаний	3,4%	-0,1%	

Источники: Refinitive; отчетность компаний; расчеты НКР

ТАБЛИЦА 9. Прогноз российского производства и экспорт полиэтилена и полипропилена

	2019 г.	2020 г. прогноз	2021 г. прогноз	2022 г. прогноз	2023 г. прогноз	2024 г. прогноз	2025 г. прогноз	2026 г. прогноз	2027 г. прогноз
<b>Производство полиэтилена и полипропилена, млн т</b>									
базовый сценарий	3,2	4,8	5,2	5,4	5,8	6,4	6,4	8,7	10,8
негативный сценарий			4,9	4,9	5,0	5,5	5,5	5,5	6,7
<b>Экспорт полиэтилена и полипропилена, млн т</b>									
базовый сценарий	0,6	2,5	2,5	2,6	2,9	3,5	3,4	5,7	7,7
негативный сценарий			2,3	2,1	2,1	2,6	2,5	2,5	3,6
<b>Экспортная выручка, млрд долл.</b>									
базовый сценарий	1,1	1,3	1,9	2,1	2,6	3,4	3,4	6,6	9,6
негативный сценарий			1,1	0,9	0,8	1,2	1,2	1,1	2,0

Источники: Refinitive; расчеты НКР

с 3,2 млн тонн до 10,8 млн тонн в год. Росту будут способствовать увеличение мощностей «Нижнекамскнефтехим», строительство заводских полимеров «Иркутской нефтяной компании», Амурского газохимического комплекса «Сибур Холдинг» и газохимических мощностей «Газпром».

Среднегодовой рост внутреннего видимого потребления<sup>3</sup> полиэтилена и полипропилена

на горизонте 2020–2027 гг. составит примерно 2%. В 2020 году этот показатель, вероятно, увеличился до 4,0 млн тонн с 3,4 млн тонн в 2019 году. Рост производства приведет к существенному импортозамещению и повысит экспорт. К 2028 году импорт полиэтилена и полипропилена, по оценкам НКР, сократится с 0,9 до 0,2 млн тонн, экспорт увеличится с 0,6 до 7,7 млн тонн.

В рамках негативного сценария производство будет расти, но меньшими темпами. Годовые объемы к 2028 году увеличатся относительно уровня 2019 года примерно в 2,7 раз, до 6,7 млн тонн полиэтилена и полипропилена.

Негативный сценарий может реализоваться из-за увеличения сроков завершения крупных инвестиционных проектов в секторе и меньшей загрузки введенных мощностей. При этом развитии событий экспорт повысится до 3,6 млн тонн в год.

В базовом варианте мы ожидаем восстановления долларовых цен на полиэтилен. В 2020 году цена полиэтилена снизилась в зависимости от марки до минимальных значений в 900–1000 долларов США за тонну, в 2022–2025 гг. стоимость тонны этого полимера может вырасти до 1300–1400 долларов. В рамках негативного сценария избыточное предложение окажет существенное давление на цены и может вернуть их к минимуму в 2020 году.

KEYWORDS: petrochemistry, basic polymers, commissioning of new capacities, global market, export of polymers.

<sup>3</sup> Рассчитывается как разница между производством и чистым экспортом.



# ПОЛИУРЕТАНЭКСПО

Двенадцатая международная специализированная выставка

## 30 марта - 1 апреля 2021

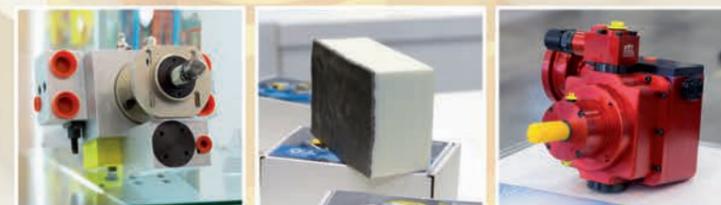
Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



### Основные разделы выставки:

- Сырье для производства полиуретанов (добавки, красители, катализаторы, наполнители, и т.д.)
- Оборудование и станки для производства и переработки полиуретанов (расходомерия, шестереночные, оседагональные (шнековые), шлепперные насосные установки, обрабатывающие станки, и т.д.)
- Конечная продукция (контактное уплотнение при литье, фильтры и т.д.)
- Услуги (лабораторные испытания, охрана здоровья и безопасность, переработка, защита окружающей среды, научные разработки)
- Техническое обслуживание оборудования
- Тестовое оборудование

### Специальный раздел выставки: КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



### Информационная поддержка:



### Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»  
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,  
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620  
E-mail: info@polyurethanex.ru | Сайт: www.polyurethanex.ru

YouTube youtube.com/user/polyexporu Twitter @polyexporus

### Организатор:



выставка участник системы



независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:



## КОМПОЗИТ-ЭКСПО

13-я международная специализированная выставка  
www.composite-expo.ru



# ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛИ ЗАПАСОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗАПАСОВ ЛЕГКИХ НЕФТЕЙ ПРИВОДИТ К НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЛИ ОПТИМИЗАЦИИ СТАРЫХ, ТАК КАК ДЕЙСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ НЕ ПРИГОДНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ. ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ОБРАЗУЮТСЯ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА (САВ), НЕГАТИВНО ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЕСЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. НА ДАННОМ ЭТАПЕ ИНФОРМАЦИЯ ПО ПРЕВРАЩЕНИЮ МАСЛЯНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВЕСЬМА ОГРАНИЧЕНА И НЕ ПОЗВОЛЯЕТ ОЦЕНИТЬ ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МАСЕЛ НА СТРОЕНИЕ ГЕНЕРИРУЕМЫХ ИМИ САВ, ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ ВАЖНЕЙШЕЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ

AN INCREASE IN THE SHARE OF HEAVY OIL RESERVES RELATIVE TO LIGHT OIL RESERVES LEADS TO THE NEED TO DEVELOP NEW EFFECTIVE TECHNOLOGIES OR OPTIMIZE OLD ONES SINCE THE CURRENT TECHNOLOGICAL SCHEMES ARE NOT QUITE SUITABLE FOR PROCESSING HEAVY HYDROCARBONS. DURING THE THERMAL PROCESSING OF HEAVY OILS, RESINOUS-ASPHALTENE SUBSTANCES ARE FORMED, WHICH NEGATIVELY AFFECT THE ENTIRE TECHNOLOGICAL PROCESS. AT THIS STAGE, INFORMATION ON THE CONVERSION OF OIL COMPONENTS IS VERY LIMITED AND DOES NOT ALLOW US TO ASSESS THE IMPACT OF THE COMPOSITION OF OILS ON THE STRUCTURE OF THEIR GENERATED RAS, WHICH IS THE MOST IMPORTANT FUNDAMENTAL TASK FOR OPTIMIZING HEAVY OIL PROCESSING TECHNOLOGIES

Ключевые слова: м сл, смолы, сф льтены, тяжелые нефти, углеводороды, термоллиз.

## Корнеев Дмитрий Сергеевич

старший научный сотрудник, Институт нефти и газа, Югорский государственный университет

## Шкут Мария Константиновна

аспирант, Отделение химической инженерии, Инженерная школа природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## Бешгин Евгения Владимировна

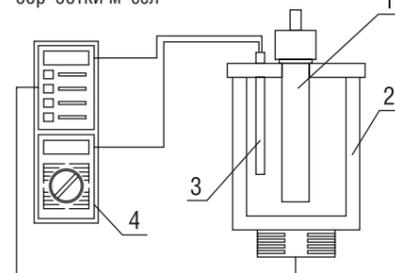
доцент, Отделение химической инженерии, Инженерная школа природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Снижение з п сов легких нефтей вызыв ет необходимость в р зр ботке процессов глубокой перер ботки тяжелых углеводородов. Одн из проблем, с которыми приходится ст лкив ться при перер ботке тяжелого нефтяного сырья, это возникновение новых смол и сф льтенов, т кже обр зов ние более тяжелых продуктов при термическом превр щении. Для решения т ких проблем применяют р зличные подходы, н чин я от применения к т лиз торов и з к нчив я применением поверхностно-к тивных веществ (ПАВ). Несмотря н к тивное изучение сост в и структуры, т кже превр щений н тивных смол и сф льтенов, присутствующих в исходном сырье, сл боизученной ост ется природ и мех низмы обр зов ния вторичных САВ в р зличных условиях.

Термоллиз м сел проводили в втокл в х объемом 12 см<sup>3</sup>. М сс нефтяных м сел, з груз емых в ре ктор, сост влял 4±0,03 г. Эксперименты проводили в среде воздух , что не приводит к зн чимым изменениям сост в получ емых продуктов вследствие м лого его объем , при темпер туре 450 °С и продолжительностью 120 минут. Выбор условий термоллиз обусловлен предв рительными испыт ниями, которые

пок з ли, что при темпер туре 450 °С обр зуется дост точное количество смол и сф льтенов для д льнейшего исследов ния их сост в и структуры.

Рис. 1. Схем уст новки для термической обр ботки м сел



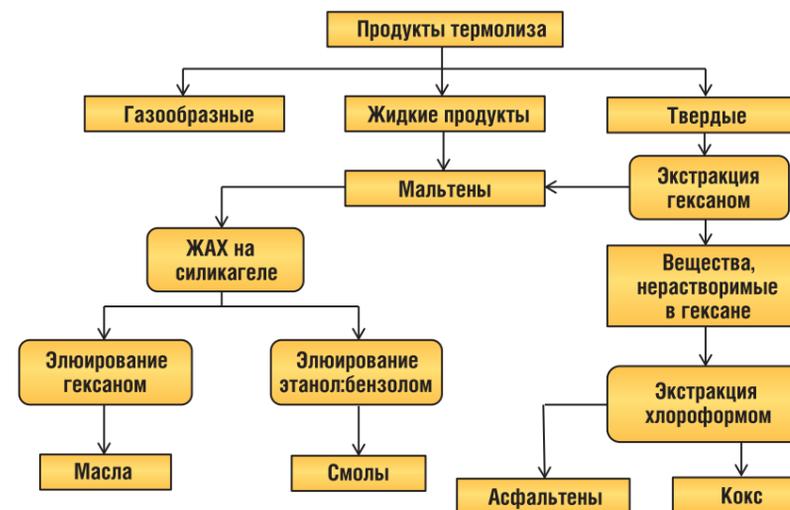
1 - ре ктор, 2 - печь, 3 - термом р, 4 - блок упр вления

Ре ктор после оконч ния термоллиз охл жд ли проточной водой, отбир ли г зообр зные продукты, сним ли крышку и взвесив ли, тем с мым определяя выход г зов.

После термоллиз м сел продукты р зделялись по грег тному состоянию (н г з, жидкость, твердые веществ ), жидкие и твердые веществ р зделяли по принципу р створимости и сорбционной способности (м сл, смолы, сф льтены, кокс). Жидкие продукты термоллиз делили н м сл и смолы (рисунок 2).

УДК 665.642

Рис. 2. Схем р зделения продуктов термоллиз м сел



Твердые продукты в бум жном п троне помещ ли в пп р т Сокслет и промыв ли н-гекс ном до обесцвечив ния р створ , тем с мым смыв я с п трон ост точные м льтены.

Твердые продукты термоллиз р зделялись в пп р те Сокслет путем выделения сф льтенов хлороформом, при этом кокс ост в лся в бум жном п троне, т к к он не р створим в хлороформе. М сл, смолы и сф льтены отделялись от р створителя роторным исп рителем и доводились до постоянной м ссы в в куумном сушильном шк фу. Кокс извлек ли из бум жного п трон мех ническим путем.

Ввиду летучести м сел после термоллиз их м сс определял сь косвенно по формуле:

$$m_m = m_n - (m_r + m_c + m_{асф} + m_k),$$

где  $m_n, m_c, m_{асф}, m_k$  – м сс н вести, г зы, смолы, сф льтены и кокс.

Р зличия в сост ве и физико-химических свойств х нефтей должны обусл влив ть отличные друг от друг особенности сост в и структурной орг низ ции м сел, выделенных из них.

Х р ктеристики исходных м сел нефти Русского (ИМ<sub>1</sub>), Зюзеевского (ИМ<sub>2</sub>) и Усинского (ИМ<sub>3</sub>) месторождений предст влены в т блице 1.

Из результ тов н лиз х р ктеристик исходных м сел следует, что низкое отношение Н/С в ИМ<sub>1</sub> и ИМ<sub>3</sub> (1,64 и 1,66) позволяет говорить о м лом количестве в них лиф тических структур. Доля зот выше в ИМ<sub>1</sub> – 0,64%, миним льным

сост вом зот обл д ет ИМ<sub>2</sub> – 0,38%. Н ибольшее сумм рное содерж ние гетерозлементов в ИМ<sub>2</sub> (4,67%), н именьшее в ИМ<sub>1</sub> (1,15%). Д нные группового сост в пок зыв ют, что в ИМ<sub>2</sub> и ИМ<sub>3</sub> преобл д ют ром тические соединения (64,7 и 63,4%), основн я доля которых приходится н моно-, би- и три ром тические (53,6 и 39,4%). Содерж ние н сыщенных углеводородов в ИМ<sub>2</sub> н именьшее количество, в ср внении с другими м сл ми – 35,29%. ИМ<sub>1</sub> имеют н ибольшее содерж ние н сыщенных углеводородов (44,2%) по отношению к их содерж нию в ИМ<sub>2</sub> и ИМ<sub>3</sub>, но поли ром тических соединений в ИМ<sub>1</sub> и ИМ<sub>3</sub> н блюдется р вное количество (24,0%).

Продукт ми термоллиз сф льтенов являлись м сл, г зы, смолы, сф льтены и кокс. Смолы и сф льтены н зыв ются т к в соответствии со способом их получения из смеси продуктов термического превр щения. М сл, смолы и сф льтены про н лизиров ны методом ми элементного н лиз и ИК-спектрометрии. В т блице 2 приведен «вещественный» сост в и выходы продуктов термоллиз м сел.

Р зниц в сост ве получ емых продуктов обусловлен исходными сост в ми м сел. Уст новлено, что термоллиз ИМ<sub>2</sub>, содерж щих в своем сост ве большое количество гетеро томов и ром тических соединений, способствует большому выходу м сл и меньшему выходу сф льтенов, чем у термоллиз ИМ<sub>1</sub>, ИМ<sub>3</sub>. Это объясняется тем, что в основе обр зов ния смол

ТАБЛИЦА 1. Х р ктеристики исходных м сел

П р метр	ИМ <sub>1</sub>	ИМ <sub>2</sub>	ИМ <sub>3</sub>
<b>Элементный сост в, % м с.</b>			
С	86,99	83,73	86,0
Н	11,86	12,23	11,9
N	0,64	0,38	0,6
S	0,51	4,29	1,6
Н/С	1,64	1,75	1,66
<b>Групповой сост в, %</b>			
н сыщенные	44,2	35,3	36,6
Моно- и би-, триАР	31,8	53,6	39,4
полиАР	24,0	11,1	24,0

ТАБЛИЦА 2. Сост в продуктов термоллиз исходных м сел р зличного сост в

Продукты термоллиз м сел	Содерж ние, % м с.				
	м сл	смолы	сф льтены	кокс	г з
Термоллиз ИМ <sub>1</sub>	94,0	2,2	1,0	0,8	2,0
Термоллиз ИМ <sub>2</sub>	91,5	4,5	0,3	1,1	2,6
Термоллиз ИМ <sub>3</sub>	93,5	3,2	0,4	0,7	2,2

лежит высокое содержание гетероатомных соединений. Как уже известно, смолы являются прекурсором смолы, но, как видно из вещественного состава термолиз ИМ<sub>2</sub>, смолы не привели к образованию большого количества смолы, ведь в других вещественных составах мы видим большее содержание смолы в продуктах термолиза, чем в данном случае [1].

Помимо высокого содержания гетероатомов исходные материалы обладают большим отношением Н/С, большим содержанием моно-, би- и триароматических структур, но в то же время меньшим содержанием полициклических ароматических структур, чем у других исходных материалов. Вероятно, образование смолы в термических превращениях обусловлено большим содержанием полициклических ароматических структур, которых было недостаточно для образования смолы в термолизе ИМ<sub>2</sub>. Таким образом, образование смолы и смолы в большей степени влияет на содержание в исходных материалах гетероатомных соединений, а также соединений с полициклической ароматической структурой. В том числе в большом количестве образуются, вероятно, за счет разрушения лифтических цепочек в составе смолы.

В термолизе ИМ<sub>1</sub> наблюдается небольшое количество, обусловленное низкой степенью конверсии (6%). Такое поведение обусловлено большим содержанием насыщенных структур, часть которых при деструкции мог привести к образованию, при этом исходные материалы обладают меньшим содержанием гетероатомных компонентов, в сравнении с другими материалами. Обладая высоким содержанием полициклических соединений, высоким отношением Н/С, низким содержанием гетероатомов, такие свойства исходных материалов могли способствовать большому выходу смолы, по сравнению с другими материалами.

Состав образующихся продуктов термолиза смолы различных составов отличается достаточно сильно. Поэтому на примере термолиза ИМ<sub>2</sub> в таблице 3 показан состав образующихся продуктов. В образующихся продуктах преобладают

содержание новых углеводородов (УВ): метан (39,23%), этан (26,39%) и пентан (24,57%). Также образуются продукты, характеризуются небольшим содержанием леновых УВ: и-бутан и и-пентан (5,09% и 1,11% соответственно), что говорит о протекании реакций разрыва связей С-С.

ТАБЛИЦА 3. Состав образующихся продуктов термолиза ИМ<sub>2</sub>

Выход образующихся продуктов, % м.с.	<b>2,60</b>
<b>Содержание, % м.с.</b>	
СН <sub>4</sub>	<b>39,23</b>
С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	<b>26,39</b>
С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	<b>24,57</b>
и-С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	<b>2,67</b>
н-С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	<b>5,09</b>
и-С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	<b>1,11</b>
н-С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>	<b>0,95</b>

Различия в составе смолы должны обусловить отличные друг от друга особенности состава и структурной организации смолы, выделенных из них. Результаты исследования исходных материалов после термолиза и смолы приведены в таблице 4. Материалы, полученные после термолиза, имеют низкое отношение Н/С по сравнению с ИМ<sub>1</sub> отношение уменьшилось с 1,64 до 1,55. Уменьшение отношения Н/С в материале после термолиза говорит о большом содержании в структуре ароматических циклов, доля которых увеличилась в результате деструкции ароматических циклов, имеющих ацильные заместители. Сер в М<sub>1</sub> не был найден, возможно, это связано с рекомбинацией полиароматических компонентов и образованием смолистых веществ, в составе которых и перешел сер.

ТАБЛИЦА 4. Характеристики исходных материалов, смолы и смолы после термолиза

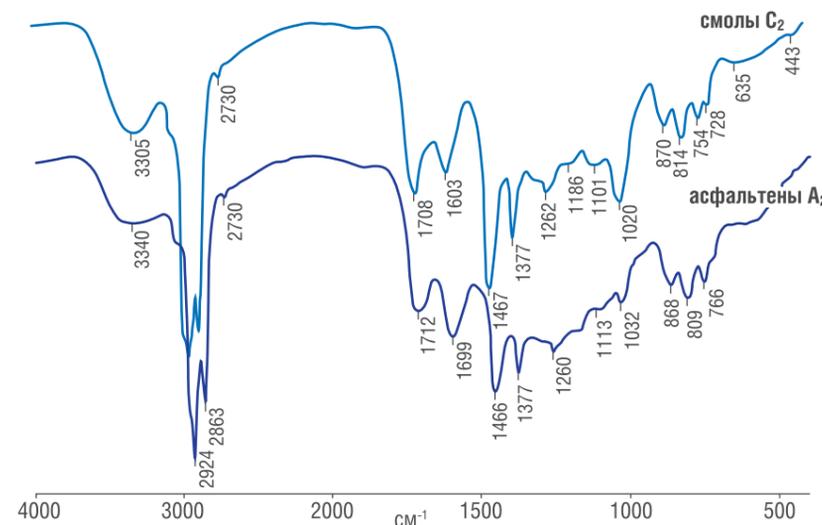
Параметр	ИМ <sub>1</sub>	М <sub>1</sub>	С <sub>1</sub>	ИМ <sub>2</sub>	М <sub>2</sub>	С <sub>2</sub>	ИМ <sub>3</sub>	М <sub>3</sub>	С <sub>3</sub>
<b>Элементный состав, % м.с.</b>									
С	87,0	87,82	86,93	83,7	84,23	83,46	86,0	89,00	86,24
Н	11,7	11,47	11,25	12,2	11,71	8,55	11,9	11,50	11,62
Н	0,6	0,71	0,79	0,4	0,50	0,88	0,6	0,60	0,69
С	0,5	–	1,03	4,3	3,56	7,10	1,6	1,66	1,45
Н/С	1,64	1,56	1,55	1,75	1,67	1,23	1,66	1,55	1,62

Содержание серы в смоле С<sub>1</sub> (1,03%) увеличилось по сравнению с содержанием серы в исходных материалах (0,5%), что говорит об обогащении серосодержащими соединениями при термолизе смолы. Содержание зота увеличилось в ряду ИМ<sub>1</sub>→М<sub>1</sub>→С<sub>1</sub>, причиной которого может быть также обогащение при термической обработке исходных материалов.

В материале (М<sub>2</sub>), полученных после термолиза ИМ<sub>2</sub>, значение отношения Н/С уменьшилось на 1,3 по сравнению с исходными материалами. Это объясняется тем, что в результате термического превращения произошло отщепление ацильных фрагментов в ароматических структурах, за счет этого насыщенность структуры смолы водородом уменьшился. Смолы С<sub>2</sub> значительно обогащены серосодержащими и зотсодержащими структурными фрагментами по сравнению с исходными материалами ИМ<sub>2</sub> (2,8 и 0,48% соответственно).

Все смолы, выделенные из продуктов термолиза смолы, обогащены гетероэлементом (S и N), причем их содержание в продуктах термолиза превышает содержание в исходных материалах. Результатом того увеличения содержания серы и зота в продуктах термолиза может говорить о том, что в процессе термолиза исходных материалов молекулы смолы способны к обогащению серосодержащими и зотсодержащими структурными фрагментами. Наиболее гетероатомные материалы ИМ<sub>2</sub> претерпели значительно обогащение серосодержащими и зотсодержащими структурными фрагментами (7,10 и 0,44% соответственно). Содержание серы в смоле С<sub>3</sub> уменьшилось по сравнению с исходными материалами, возможно, это связано с образованием сероводорода.

РИС. 3. ИК-коэффициенты смолы и смолы, образующихся термолизом смолы ИМ<sub>2</sub>



Содержание гетероатомов в исходных материалах повлияло на элементный состав в полученных смолах, в ряду С<sub>1</sub>→С<sub>3</sub>→С<sub>2</sub> увеличилось суммарное содержание гетероатомов, также, как и в исходных материалах. Содержание серы и зота в С<sub>2</sub> увеличилось почти в два раза по сравнению с исходными материалами.

Наличие ароматических структур подтверждается полосами поглощения 755, 809, 1603 см<sup>-1</sup> (рисунок 3). Наличие присутствия кислородсодержащих групп указывают спектры полосы 1185, 1708, 1712 см<sup>-1</sup>. Сульфоксидные группы идентифицированы по полосам поглощения 1020, 1032 см<sup>-1</sup>.

Основными результатами ИК-спектроскопии рассмотрены спектральные коэффициенты, характеризующие особенности структуры смолы и смолы. Наибольший коэффициент ароматичности характерен для смолы, полученных термолизом образцов М<sub>2</sub>,

в котором преобладают содержание ароматических соединений. Содержание лифтических структур в смолах термолиза зависит от отношения Н/С в исходных материалах (рисунок 4).

Установлено, что сульфоксидных групп по коэффициенту осерненности больше в смолах С<sub>2</sub> в связи с тем, что в исходных материалах М<sub>2</sub> содержание серы было наибольшим (рисунок 5).

Так как большинство процессов заключается в термическом воздействии, то изучение термического превращения смолы является необходимым шагом для получения информации о механизме образования смолы и смолы, которые оказывают негативное воздействие на весь технологический процесс: отрывляющие, уменьшают выход легкого продукта, вызывают коррозию оборудования и, как следствие, меньшее время его эксплуатации.

Для учета влияния различных факторов в ходе термических процессов были определены следующие закономерности:

1. С увеличением в составе смолы содержания гетероатомов и ароматических УВ, в смолах тяжелых нефтей увеличивается образование смолистых веществ и кокса, тогда как содержание смолы снижается в процессе термолиза смолы.
2. Материалы тяжелых нефтей, характеризующиеся наименьшим содержанием зота в процессе термолиза, генерируют смолистые вещества с максимумом содержанием зота, тогда как сер в процессе термолиза переходит из смолы в смолы более значительно. Материалы тяжелых нефтей, которые характеризуются большим содержанием Н/С, в процессе термолиза генерируют смолистые вещества с наименьшим значением Н/С.
3. Смолы, образующиеся в процессе термолиза смолы с наибольшим содержанием ароматических УВ, характеризуются наибольшей долей ароматических фрагментов.
4. Отношение Н/С в материале тяжелых нефтей оказывает определяющее влияние на содержание лифтических фрагментов в структуре новообразующихся смол.
5. С увеличением содержания серы в исходных материалах увеличивается степень осерненности продуктов их термолиза.

**Литература**

1. Анчита Х. Переработка тяжелой нефти: реакторы и моделирование процессов / Х. Анчита; пер. с англ. под ред. О.Ф. Глаголевой, В.А. Винокурова. – СПб.: Профессия, 2015. – 588 с.

KEYWORDS: oils, resins, asphaltenes, heavy oils, hydrocarbons, thermolysis.

РИС. 4. ИК-коэффициенты ароматичности и лифтичности смол

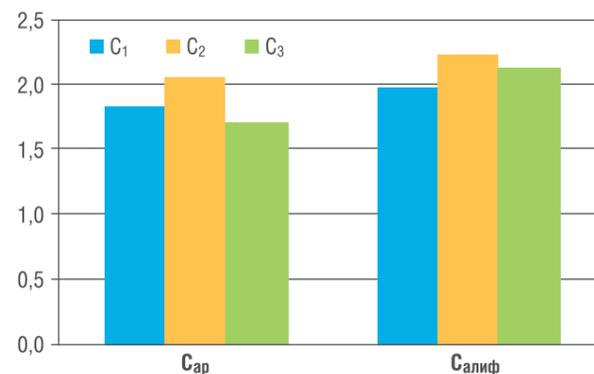
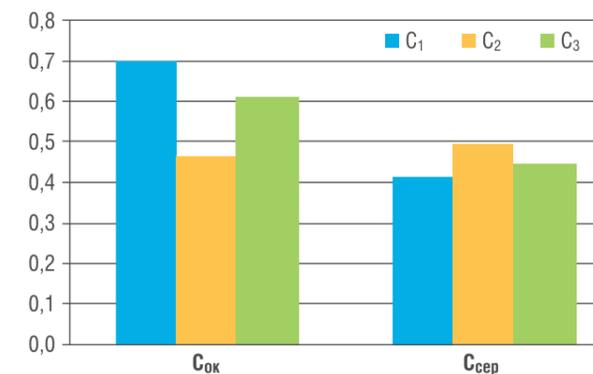


РИС. 5. ИК-коэффициенты окисленности и осерненности смол



# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – приоритетная задача современной нефтегазопереработки

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ ПРИОРИТЕТНЫМИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ТРАНСПОРТА И ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ. ОСОБЕННО ВАЖНО ЭТО СТАЛО В РАМКАХ НОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВ. ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НПЗ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД, ОСНОВАННЫЙ НА ПРИМЕНЕНИИ ЦЕЛОГО НАБОРА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

*ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING ARE PRIORITIES FOR MODERN TRANSPORT, OIL AND OTHER INDUSTRIES. THIS HAS BECOME ESPECIALLY IMPORTANT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE NEW CLIMATE AGENDA AIMED AT REDUCING AIR POLLUTION FROM THE COMBUSTION OF CARBON FUELS. TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE REFINERY AN INTEGRATED APPROACH IS USED, WHICH BASED ON THE APPLICATION OF A WHOLE RANGE OF OPTIMIZATION MEASURES*

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, энергоносители.

**Глаголева Ольга Федоровна**

профессор кафедры технологии переработки нефти РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, профессор, д.т.н.

**Пискунов Иван Васильевич**

главный специалист «Лукойл-Нижегородниинепфтепроект», к.т.н.

Текущее потребление энергии в мире постоянно растет и, согласно прогнозам, будет расти и дальше (рис. 1 [1]). При этом основными первичными источниками энергоресурсов остаются уголь, нефть и газ, хотя в последние годы возрастает роль возобновляемых источников энергии (ВИЭ), включая биотопливо. В 2019 году доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии составила 34 %, вместе с ядерной энергетикой – 39 % [1].

Пандемия 2020 г. внесла большие корректировки в баланс мирового спроса и предложения, однако

многие эксперты сходятся во мнении, что пик потребления нефти еще не пройден [2].

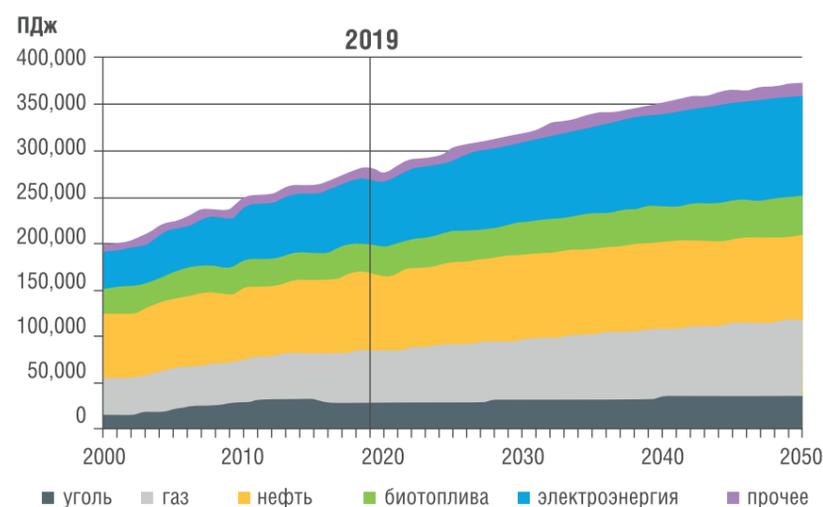
По данным Международного энергетического агентства, мировой спрос на энергию к 2040 году увеличится на 30 %, в связи с чем проблема сбережения энергии приобретает все большее значение.

Слова энергоэффективность и энергосбережение часто упоминаются вместе. Несмотря на существующую взаимосвязь, все же это разные понятия. Эффективность означает получение необходимого результата с использованием меньшего количества энергии. Сбережение – это потребление меньшего количества энергии или вовсе отказ от ее использования. Эффективность часто приводит к сбережению энергии, но не наоборот.

Начиная с 1970-х гг. многие страны внедряли политику и программы по повышению энергоэффективности. Сегодня на промышленный сектор приходится почти 40 % годового мирового потребления первичных энергоресурсов и примерно такая же доля мировых выбросов углекислого газа. Принят международный стандарт ISO 50001, который регулирует в том числе энергоэффективность.

Энергосбережение – это любая активность, направленная на уменьшение объема использования

РИС. 1. Прогноз мирового энергопотребления [1]



УДК 620.9

ТАБЛИЦА 1. Энергетические эквиваленты горючих ископаемых

Вид горючего ископаемого	Удельная энергоемкость, Q, ГДж/т	Условное топливо (у.т.), т/т	Нефтяной эквивалент (н.э.), т/т
Уголь каменный	27,6	0,95	0,66
Уголь бурый	13,8	0,47	0,54
Нефть	41,9	1,44	1,0
Природный газ	37,7 ГДж/1000 м³	1,3т/1000 м³	0,9т/1000 м³
Условное топливо	29,0	1,00	0,70

энергетических ресурсов без ущерба для основной функции их применения. На сегодняшний день энергосбережение характеризуется понятийным аппаратом, приведенным в главном Федеральном законе «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23.11.2009.

Поскольку в качестве основных источников энергии в большинстве случаев используются различные горючие ископаемые (при этом в разных странах преобладают те или иные, в зависимости от того, кто чем располагает), то для оценки потребления энергии в общем хозяйстве (в промышленном, бытовом секторе и др.) введены понятия условное топливо (у.т.) и нефтяной эквивалент (н.э.). Все источники энергии оцениваются величиной удельной энергоемкости, или калорийности (таблица 1).

Условное топливо – это усредненное топливо с удельной энергоемкостью 29 ГДж/т Г, что сопоставимо с теплотой сгорания каменного угля или нефтяного кокса.

Безусловно, особое положение занимает ядерная энергия, которая значительно эффективнее всех основных источников: 1 кг урана-235 имеет теплотворную способность в 3 млн раз выше, чем 1 кг у.т. Однако атомные электростанции требуют особых мер безопасности.

Более эффективен, чем все виды твердого углеродного топлива, а также нефти, природный газ, состоящий в основном из метана. Его удельная энергоемкость Q = 52,6 ГДж/т. Большое внимание привлекает и водородная энергетика, не только как эффективная (Q водорода

119,7 ГДж/т), но и экологичная. Использование «зеленого водорода» позволит снизить практически до нуля выбросы парниковых газов. Активно развивается рынок авто на водородном топливе [3].

Вообще переход на альтернативные источники энергии, на безуглеродную энергетику в последние годы идет во многих странах мира, хотя и с неодинаковой скоростью.

Важный показатель любой страны – энергоемкость ВВП. В международной практике энергоемкость ВВП измеряется в килограммах (или в тоннах) условного топлива или нефтяного эквивалента на тысячу американских долларов. В соответствии с данными статистики энергоемкость мировой экономики за период с 1971 по 2012 годы снизилась на 32 %, а на период до 2040 год прогнозируется ее сокращение еще на 44 % [4].

Российская Федерация в 2015 г. находилась на 44 месте в мировом рейтинге стран по энергопотреблению на единицу ВВП. Столь высокие значения энергоемкости связаны в числе прочего со специфическими климатическими условиями, в которых приходится функционировать экономике России. 80 % Российской Федерации относится к северным территориям. Свыше 40–45 % затрат тепловой энергии направляются на отопление и горячее водоснабжение. Но это не исключает необходимости экономии, сбережения энергии как в производстве, так и в бытовом секторе.

Еще в 1996 году в России был принят закон «Об энергосбережении», разработана Федеральная целевая программа

«Энергосбережение России» на период 1998–2005 гг. определяющая основные направления и пути решения задач энергосбережения, где особое внимание уделяется проблемам топливно-энергетического комплекса. Нефтеперерабатывающие предприятия, как составная часть ТЭК, являются крупнейшими потребителями тепловой, электрической и топливной энергии.

Вместе с ТЭК, на который приходится 45 % потребления энергии, распределение энергии по отраслям следующее: коммунально-бытовой сектор – 23 %, промышленность и строительство – 20 %, транспорт – 10 % [5].

Основные общие принципы энергосбережения:

- использование альтернативных возобновляемых источников энергии,
- использование вторичных энергетических ресурсов,
- применение неэнергоемких технологий и оборудования,
- принятие мер по рациональному использованию имеющихся энергоресурсов,
- проведение оценки экономической целесообразности применения любых энергосберегающих технологий и решений,
- повышение эффективности электростанций, потребляющих различные виды энергоносителей.

Согласно оценке Европейской комиссии, строительство новых эффективных ТЭЦ и повышение эффективности действующих ТЭЦ до среднего КПД в 51,5 % в 2020 году приведет к уменьшению годового потребления 15 млрд м³ природного газа и 25 млн тонн угля.

Топливо-энергетические ресурсы относятся к одной из основных статей расходов на предприятиях нефтегазопереработки. Порядка 68 % энергоресурсов в нефтепереработке потребляется в качестве топлива, 26 % – теплоэнергии и 7 % – электроэнергии. В нефтехимии доля топлива и теплоэнергии составляет соответственно 42 и 46 %.

При этом наиболее энергоемкими объектами являются технологические установки. Только потребление прямого

топлив достигет 6–8% (м.с.) и переработку нефти. Уровень полезного использования потребляемых НПЗ энергоресурсов составляет 23–26%, 74–77% теряется (14–16% с дымовыми газами, 48–52% с охлаждением водой и воздухом и 8–12% в окружающей среде) [5, 6]. Поэтому многие из водосточных систем своей целью снижение себестоимости продукта путем уменьшения расходов энергоносителей.

Анализируя величину потерь от различного вида оборудования на нефтеперерабатывающих заводах, можно отметить, что наибольшими потерями характеризуются трубчатая печь. Совершенно ясно, что основной потенциал экономии (90%) заключается в самих технологических процессах, особенно в схеме рекуперации тепла. В целом модернизация, направленная на повышение энергетической эффективности, энергосбережение, следует начинать с реконструкции системы теплоснабжения и системы теплообмена. При вильное проектирование схемы рекуперации тепла позволяет значительно снизить нагрузку на печи, паровые подогреватели, также водяные и воздушные холодильники. За счет этого снижение потребления энергоносителей может составить 10–20% (в отдельных случаях – до 40–50%) от начального энергопотребления [6].

Снизить общие потери энергии позволяет совмещение технологических установок. Здесь следует отметить отечественные разработки в области создания базовых проектов комбинированных установок нового поколения. Такой подход позволяет повысить

эффективность использования топливно-энергетических ресурсов. Укрупненные и особенно мощные комбинированные установки, сочетающие несколько технологических процессов, исключают ряд повторных нагревов и охладений промежуточных фракций и продуктов.

В СССР еще в 70–80-е годы в связи с увеличением мощности нефтеперерабатывающих заводов и в целях снижения удельных капитальных и эксплуатационных затрат начали строить и вводить в эксплуатацию более мощные, укрупненные и комбинированные нефтеперерабатывающие установки. В результате увеличения мощности установок только в два раза, укрупнения основного оборудования и применения нового принципа компоновки удельные капитальные вложения уменьшились на 30%, эксплуатационные затраты – на 28%.

Например, на Омском НПЗ – крупнейшем производственном комплексе по объему производства буровых процессов и техническому оснащению – только тепловую мощность технологических трубчатых печей (крупнейших потребителей энергии на НПЗ) превышает суммарную мощность крупной ТЭЦ, обеспечивающей производство на предприятии.

23 июля 2020 года президент России Владимир Путин по видеосвязи дал старт работе нового комплекса «Евро+» Московского нефтеперерабатывающего завода компании «Газпром нефть» [7]. Масштабный инфраструктурный проект, высокотехнологичный комплекс переработки нефти

«Евро+» заменит сразу пять установок предыдущего поколения. Фактически на месте сгоревшей строится новое производство. Из эксплуатации последовательно выводятся устаревшие производственные объекты и запускаются новые промышленные комплексы.

Работы по комплексу контролируются в режиме реального времени. Для этого создан единый цифровой 3D-модель «Евро+», с помощью которой доступ к инженерным данным можно получить за несколько секунд. Установлено 15 тысяч датчиков и контрольно-измерительных приборов.

Благодаря «Евро+» Московский НПЗ улучшит показатели энергоэффективности, повысит объем и глубину переработки, увеличит выход светлых нефтепродуктов, при этом значительно сократит воздействие на окружающую среду.

Комплекс сочетает современные технологии переработки нефти, один из самых высоких в отрасли уровней автоматизации, также инновационные цифровые решения. При создании комплекса учитывались все возможные способы энергосбережения [7].

Большое внимание энергоэффективности и энергоменеджменту уделяется и на предприятиях ПАО «ЛУКОЙЛ». Для стандартизации управленческих решений в области энергосбережения 10 апреля 2013 г. было принято решение о проведении сертификации на соответствие требованиям ISO 50001:2011 [5].

Применительно ко всем предприятиям нефтегазопереработки и нефтехимии для увеличения эффективности и энергосбережения уже работающих и строящихся установок необходим разрабатываемых способов сокращения энергозатрат. Экономия энергоносителей может быть достигнута следующими основными способами:

- оптимизацией системы теплообмена;
- вовлечением в рекуперацию максимального количества основных технологических и вспомогательных потоков;
- использованием высокоэффективных теплообменных аппаратов, прежде всего трубчатых печей.

Сравнительная оценка энергоэффективности можно, основываясь на принципе пинч-анализа (*pinch* англ. – сжатие, сужение). Пинч-анализ – это методология минимизации потребления энергии процессов путем расчета необходимого минимума потребления энергии и его достижения через оптимизацию схемы рекуперации тепла, также методов подвода энергии. Пинч-анализ также известен как процесс интеграции – тепловой интеграция, энергетическая интеграция, или пинч-технология [8, 9].

Следует подчеркнуть, что в бесперебойной работе печи, теплообменного и другого оборудования, повышении эффективности тепло- и массообмена (и соответственно энергосбережения) большую роль играет коллоидное состояние сырья и продуктов, особенно тяжелых фракций и остатков – концентратов смолисто-асфальтеновых веществ (САВ). Для обеспечения однородности и устойчивости к оседанию САВ в неподвижную фазу с последующим превращением их в кокс и соответственно с загрязнением внутренней поверхности труб теплообменников, печи (с последующим их сжижением), необходимо за ранее регулировать гравитационную и кинетическую устойчивость сырья, что позволяет продлить работу теплообменных аппаратов, увеличить межремонтный пробег, избежать аварийной остановки отдельных аппаратов, так и установок в целом. Такое однородное, устойчивое

состояние сырья положительно влияет на технологический режим процессов, и на качество конечной продукции [10, 11, 12].

Итак, в заключение можно сформулировать следующие основные способы энергосбережения.

1. Подготовка сырья путем устранения внешних воздействий, прежде всего оптимального смещения соответствующих компонентов для достижения максимальной однородности смеси, что позволит повысить эффективность нагрева и продлить срок службы нагревательной аппаратуры без затрат на ее замену.
2. Снижение времени прохождения сырья через змеевиковые печи, что уменьшает расход топлива.
3. Применение современного эффективного энергосберегающего гидромеханического способа очистки труб печи (как внутри, так и снаружи).
4. Снижение потерь тепла с дымовыми газами и газами регенерации котлов.
5. Предварительный подогрев воздуха горения для печей и для регенерации котлов.
6. Снижение теплопотерь от стенок технологических аппаратов (печей, реакторов и др.) в окружающую среду.
7. Совершенствование конструкции теплообменников и реакторов, форсунок ввода сырья в узлы его смешения с катализатором, также жидкого топлива в форсунки печей.
8. Улучшение рекуперации теплотокотлов ректификационной колонны.
9. Минимизация потребления энергии процессов путем расчета необходимого минимума ее потребления и его достижения через оптимизацию схемы рекуперации тепла, также методов подвода энергии.

Все эти меры относятся к для предприятий нефтепереработки, так и газопереработки и нефтехимии. В каждом конкретном случае нужно выбирать наиболее подходящие способы сбережения энергии. Опытные специалисты, в этом отношении играют решающую роль. Россия имеет значительный потенциал для

повышения энергоэффективности промышленных установок.

В соответствии с современными тенденциями спрос на нефть, газ и уголь будет через некоторое время постепенно сокращаться, но спрос на сырье нефтехимического синтеза и продукты (этилен, пропилен, метанол, метанол и др.) будет только расти. Таким образом, химическая обеспечит углеводородному сырью достаточный спрос на ближайшие 30 лет.

В любом случае в производстве продуктов переработки нефтяного, газового и нефтехимического сырья сбережение энергии будет оставаться одной из важнейших задач повышения эффективности предприятий нефтегазохимической промышленности. ●

**Литература**

1. BloombergNEF. *New Energy Outlook 2020*. <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
2. E.Kalinenko *A journey down the stream // Hydrocarbon Engineering*. – 2020. – N 11, V. 25. – pp. 12–18.
3. Пискунов И.В. *Перспективы развития водородной энергетики и транспорта // Нефть. Газ. Новации*. – 2020. – № 4 (233). – С. 18–21.
4. *Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 г.* Институт энергетических исследований РАН. Аналитический центр при правительстве РФ. 2014 г. <https://ac.gov.ru/files/publication/a/2194.pdf>
5. Усманов М.Р., Подвицев И.Б., Гималетдинов Р.Р. *Повышение производительности и эффективности производственных активов. Технологическая поддержка предприятий нефтепереработки, нефтехимии и газопереработки*. – СПб.: Питер, 2018. – 304 с.
6. Капустин В.М., Рудин М.Г., Кукес С.Г. *Справочник нефтепереработчика*. – М.: Химия, 2018. – 416 с.
7. *Комбинированная установка переработки нефти EBPO+ запущена на МНПЗ* <https://pronpz.ru/ustanovki/mnpz-euro-plus.html>
8. Jiri Jaromir Klemeš, Petar Sabev Varbanov, Sharifah Rafidah Wan Wan Alwi, Zainuddin Abdul Manan. *Process Integration and Intensification: Saving Energy, Water and Resources*. – Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2014-05-26. – 268 с. – ISBN 9783110306859.
9. Яицких Г., Трибелустов Р., Вахрушин П. *Энергоэффективное проектирование. Оптимизация рекуперации тепла установки ЭЛОУ-АТ // Oil & Gas Journal Russia*. – 2016. – № 12. – С. 68–72.
10. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Пискунов И.В., Усманов М.Р. *Регулирование агрегативной устойчивости сырьевых смесей и товарных нефтепродуктов (обзор) // Нефтехимия*. – 2020, – т. 60, № 5, – с. 577–585.
11. Глаголева О.Ф., Капустин В.М. *Повышение эффективности процессов подготовки и переработки нефти (обзор) // Нефтехимия*. – 2020, – т. 60, № 6, – с. 745–754.
12. Бейлина Н.Ю., Глаголева О.Ф. *Опыт использования смешанного сырья для получения коксов улучшенной структуры // Нефтепереработка и нефтехимия*. – 2020. – № 5. – С. 6–10.

KEYWORDS: *energy efficiency, energy saving, energy carriers.*



# ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ И НПЗ ТОПЛИВНОГО ПРОФИЛЯ

## Кузьмин РИС ИВНОВИЧ

ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, зав. кафедрой химической технологии и техногенной безопасности, профессор, д.х.н.

## Зикин МИХИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ

ООО «НОВАТЭК – Усть-Луга», ведущий инженер, к.х.н.

## Давыдов ВЛАДИСЛАВ ОЛЕГОВИЧ

студент кафедры химической технологии и техногенной безопасности, ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

## Кузнецов ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ

главный инженер ПАО «Саратовский НПЗ»

## Зенкоков МИХИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

главный технолог ПАО «Саратовский НПЗ»

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛИ ВЫХОДА ТОВАРНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПОСЛЕ УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ. АВТОРАМИ ПРЕДЛОЖЕНО ПРОВЕСТИ ВОЗМОЖНОЕ ПОВЫШЕНИЕ 95% ТОЧКИ ОТГОНА ТЯЖЕЛЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ С СОБЛЮЖДЕНИЕМ ТРЕБОВАНИЙ ПО ФРАКЦИОННОМУ СОСТАВУ В ГИДРООЧИЩЕННОМ ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ. ЗАПАС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ 95% ТОЧКИ ОТГОНА ОБУСЛОВЛЕН ПРОВЕДЕНИЕМ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ С ПРОТЕКАНИЕМ ПОБОЧНЫХ РЕАКЦИЙ

THE ARTICLE DEALS WITH THE POSSIBLE WAY TO INCREASE THE RELEASE FRACTION OF THE MARKETABLE DIESEL FUEL AFTER THE INSTALLATION OF PRIMARY OIL PROCESSING. THE AUTHORS SUGGEST PERFORMING THE POSSIBLE 95% INCREASE OF THE POINT OF DISTILLATION OF HEAVY DIESEL FRACTIONS WHILE FULFILLING THE REQUIREMENTS REGARDING THE FRACTION COMPOSITION OF THE HYDROTREATED DIESEL OIL. THE RESERVE FOR THE 95% INCREASE OF THE POINT OF DISTILLATION IS BASED ON PERFORMANCE OF THE HYDROTREATMENT PROCESS WITH CONCURRENT REACTIONS

Ключевые слова: гидроочистка средних дистиллятов, фракционный состав дизельного топлива, депрессорно-диспергирующая присадка, депрессорная функция топлива.

Выпуск современных дизельных топлив на нефтеперерабатывающих предприятиях осуществляется в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 32511-2013 [1]. Основным критерием экологического класса К5 является массовая доля серы – не более 10 мг/кг, что достигается применением современных технологий гидроочистки ДТ, обеспечением необходимого давления, температуры, кинетики циркуляции и объемной скорости подчас сырья на установках гидроочистки дистиллятных топлив. Типовые условия процесса гидроочистки дизельных топлив:

- кинетика циркуляции  $\text{м}^3 (\text{водород})/\text{м}^3 (\text{сырье})$  не менее 250;
- температура на входе в реактор ГО 340–380 °С;
- давление на входе в реактор ГО 33–37 кгс/см<sup>2</sup>.

Технологические параметры зависят от параметров оформления конкретного объекта, активности технологической системы и присутствия в сырье компонентов термодеструктивных процессов.

При этом повышение выработки прямогонных дизельных топлив на установках первичной переработки может достигаться изменением фракционного состава вовлекаемых компонентов. Согласно опубликованным ранее данным [2], основным показателем прямогонных дизельных фракций, ограничивающим фракционный состав, является 95% об. перегоняется при температуре не выше 360 °С. При сокращении показателей по фракционному составу прямогонного дизельного производится миксирование выработки товарного дизельного топлива на НПЗ и повышение эффективности предприятия в целом. Показатель 95% об. отгон прямогонной дизельной фракции установкой первичной переработки нефти, может быть установлен в интервале 363–364 °С, для соблюдения требования фракционного состава по ГОСТ 32511-2013.

При этом утяжеление прямогонных фракций приводит к увеличению доли парафиновых углеводородов нормального строения, оказывающих значительное влияние на низкотемпературные свойства топлива.

## ФАКТЫ

**10** мг/кг

массовая доля серы – основной критерий экологического класса К5

Одним из способов повышения предельной температуры фильтруемости топлив (ПТФ) и его седиментационной устойчивости является применение депрессорно-диспергирующей присадки (ДДП). Дизельные фракции вторичных процессов содержат в основном углеводороды нормального строения. Дизельные фракции установок первичной перегонки содержат достаточно большое количество парафинов, распределение которых зависит от кинетики перегонки на основной ректификационной колонне установки АВТ. В таблице 1 приведено содержание парафиновых углеводородов в дизельных фракциях типовой установки АВТ при переработке 73,1% нефти марки Urals, 2,7% нефти с содержанием 55% «светлых» фракций, 24,2% легкой нефти с содержанием 72% «светлых» фракций. Данные получены на реально действующем объекте в период проведения сбора исходных данных [2].

Как видно из таблицы 1, керосиновая фракция содержит больше всего парафиновых углеводородов, однако они представлены низкомолекулярными соединениями до C<sub>17</sub>. Соединения с более высоким содержанием высокомолекулярных углеводородов распределены во фракциях тяжелых дизельных топлив атмосферного и вакуумного блоков. Именно эти молекулы и обуславливают плохие низкотемпературные свойства и приводят к расслоению топлива.

ТАБЛИЦА 1. Распределение параметров фракционных углеводородов

№ п/п	Наименование показателя	Метод испытания	Результаты испытаний			
			Керосиновая фракция	Легкая дизельная фракция блок АТ	Тяжелая дизельная фракция блок АТ	Тяжелая дизельная фракция блок ВТ
1	Плотность при 15 °С, кг/м³	ASTM D 4052	813,5	846,7	861,6	885,6
2	Температура помутнения, °С	EN 23015	-40	-5	+10	+15
3	Фракционный состав, %об.		-	-	-	-
4	Начало кипения	ГОСТ Р EN ISO 3405	169	203	215	284
5	5 %		183	240	262	306
6	50 %		222	295	329	349
7	95 %		256	320	350	376
8	Общее содержание n-парафинов, % м.с.	UOP 915	31,97	22,28	11,85	14,98
9	Количество ароматических углеводородов до C <sub>12</sub>		13,47	1,48	0,71	0,1
10	Количество ароматических углеводородов C <sub>12</sub> -C <sub>17</sub>		16,23	10,68	3,47	1,47
11	Количество ароматических углеводородов C <sub>18</sub> -C <sub>22</sub>		1,65	9,44	15,41	8,25
12	Количество ароматических углеводородов C <sub>23</sub> -C <sub>28</sub>		0,98	1,87	4,43	7,67
13	Количество ароматических углеводородов более C <sub>18</sub>		2,27	10,12	7,67	13,41

В таблице 2 приведены основные параметры метрических фракционных углеводородов [3].

При этом, как показывают проведенные опытно-промышленные испытания [2], наблюдается высокая эффективность депрессорной присадки при введении ее к дизельному топливу, содержащему большее количество тяжелого дизельного топлива в кубометровый блок, нежели тяжелого топлива блок АТ. Данный факт может быть объясним большей реакционной способностью кативного компонента депрессорной присадки с молекулами C<sub>23+</sub>, содержащимися в данной фракции [4].

Альтернативными методами повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив являются процессы депрессификации и изодепрессификации, проводимые на цеолитных катализаторах и имеющие схожие технологические параметры и параметрическую схему оформления с процессом гидроочистки. Процесс изомерной депрессификации в настоящее время пользуется все большей популярностью, т.к. позволяет получить

**ФАКТЫ**

**95 % об.**

перегоняемые при температуре не выше 360 °С являются основным показателем прямыхгонных дизельных фракций, ограничивающим фракционный состав

более высококачественные топлива. Однако в обоих случаях протекет побочная реакция крекинга с образованием углеводородных газов, снижающих выход дизельного топлива, что приводит к снижению товарной продукции и, соответственно, прибыли.

Особенностью процесса изодепрессификации является протекание реакции бифункциональных катализаторов, где в качестве кислотного центра выступает цеолитный носитель, в качестве металлического центра – несенные гидрирующие/дегидрирующие металлы [5]. Основными лицензиарными технологиями являются компании Axens с катализатором компании Clariant, компания Shell Global Solutions с катализатором компании Criterion Catalysts & Technologies (Criterion), технологии и катализаторы компании Exxon Mobil, катализаторы и технологическое оформление компании Haldor Topsoe. Отечественным катализатором, который ранее эксплуатировался на водостойком конденсатно-ООО «Сургутгазпром» (построен по проекту ООО «Ленгипронефтехим»), является катализатор СКГ-1, разработанный АО «ВНИИ НП». В настоящее время момент принятия катализатора принят для АО «АЗКИОС» [6].

ТАБЛИЦА 2. Основные параметры метрических фракционных углеводородов

УВ	Молекулярная масса	Температура		Кинематическая вязкость, сСт	
		плавления	кипения	50 С	100 С
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198,41	5,5	253,6	-	-
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212,44	9,81	270,6	-	-
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226,46	18,14	286,1	2,44	1,26
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240,48	21,72	306,7	2,8	1,40
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	254,50	28,0	317,5	3,07	-
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268,53	32,0	331,7	-	-
C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282,56	36,6	345,3	-	-
C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296,58	40,3	358,4	4,65	2,07
C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	310,61	44,5	370,8	-	-
C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	324,63	47,5	382,7	2,92 (90)	-
C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	338,66	50,6	394,6	6,77	2,80
C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	352,69	53,5	403	7,60	2,95
C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	366,72	56,2	416	8,43	3,23
C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	380,74	59,1	425	-	-
C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	394,76	61,2	444	4,45 (90)	-
C <sub>29</sub> H <sub>60</sub>	408,78	63,4	447	-	-
C <sub>30</sub> H <sub>62</sub>	422,80	64,7	455	-	4,36
C <sub>31</sub> H <sub>64</sub>	436,83	67,2	468	5,67 (90)	-
C <sub>32</sub> H <sub>66</sub>	450,85	69,6	476	-	5,36
C <sub>33</sub> H <sub>68</sub>	464,87	71,8	483	-	-
C <sub>34</sub> H <sub>70</sub>	478,90	72,7	490	6,65 (90)	-
C <sub>35</sub> H <sub>72</sub>	492,93	74,6	498	-	5,99
C <sub>36</sub> H <sub>74</sub>	506,95	75,8	504	-	-
C <sub>37</sub> H <sub>76</sub>	520,98	77,4	516	-	-
C <sub>38</sub> H <sub>78</sub>	535,00	79,3	522	-	-
C <sub>39</sub> H <sub>80</sub>	549,03	80,1	529	-	-
C <sub>40</sub> H <sub>82</sub>	563,06	81,4	536	-	-

Температурный диапазон, низкотемпературные свойства полученного дизельного топлива зависят в первую очередь от углеводородного состава, также от параметрического оформления предприятия.

**Выводы**

С целью повышения эффективности работы НПЗ возможно утяжеление прямыхгонных дизельных фракций и повышение их качества с помощью применения депрессорно-диспергирующих присадок, либо с помощью включения в схему предприятия дополнительного процесса депрессификации топлива. Выбор метода достижения соответствия качества топлива требованиям ГОСТ 32511-2013 индивидуален для каждого предприятия и определяется как технологическими ограничениями, так и экономическими особенностями. ●

**Литература**

1. ГОСТ 32511-2013 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. МГС., 2013. 20 с.  
2. Кузнецов Ю.В., Зенюков М.А., Кузьмина Р.И., Заикин М.А., Давыдов В.О. Влияние процесса гидроочистки на фракционный состав дизельного топлива / Ю.В. Кузнецов, М.А. Зенюков,

**ФАКТЫ**

**363-364 °С**

– интервал, в котором может быть установлен показатель 95% для соблюдения требований фракционного состава по ГОСТ 32511-2013

Р.И. Кузьмина, М.А. Заикин, В.О. Давыдов // Научно-практическая конференция «Актуальные задачи нефтегазохимического комплекса» ОАО «ВНИПИнефть». – 2020. – С. 42 – 43.

3. Переверзев А.Н., Богданов Н.Ф., Рошин Ю.Н. Производство парафинов. – Москва, «Химия», 1973. – 224 с.  
4. Гуляев С.В., Глазунов А.М., Дрогалев В.В., Агаев С.Г. Физико-химические свойства дизельных топлив Западной Сибири / С.В. Гуляев, А.М. Глазунов, В.В. Дрогалев, С.Г. Агаев // Новейшие технологические решения и оборудование: Материалы III общероссийской конференции. – Кисловодск, 2015.  
5. Пат. RU 2 662 934 С1 Российская Федерация. Катализатор изодепрессификации и способ получения низкосажающихся дизельных топлив с его использованием / Л.А. Красильникова, Л.А. Гуляева, В.А. Хавкин, П.А. Никольшин, А.В. Андреева, Д.О. Кондрашев, А.В. Клейменов, Д.В. Храпов, А.П. Кубарев. – Заявка № 2017122923 от 27.06.2017; опублик. 31.07.2018, Бюл. №22. – 12 с.  
6. Хавкин В.А. Отечественные технологии производства моторных топлив [Электронный ресурс] / В.А. Хавкин // Neftegaz.ru [Электронный ресурс]: Деловой журнал – 2013. – URL: <https://neftgaz.ru/science/petrochemistry/331918-otechestvennye-tehnologii-proizvodstva-motornykh-topliv> (дата обращения 29.12.2020).

KEYWORDS: hydrotreating of middle distillate, distillation of diesel, depressant-dispersing additive, dewaxing of diesel.



# КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЬНОЙ ГИДРООЧИСТКИ прямогонного дизельного топлива

АВТОРЫ СТАТЬИ ОБСУЖДАЮТ ОСОБЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО СПОСОБА ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО РАЗДЕЛЕННОГО НА ЛЕГКУЮ И ТЯЖЕЛУЮ ШИРОКИЕ ФРАКЦИИ, ПОЗВОЛЯЮЩЕГО РЕАЛИЗОВАТЬ ПРОЦЕСС С ЗАГРУЗКОЙ КАТАЛИЗАТОРА В 1,5–2 РАЗА МЕНЬШЕЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ СХЕМАМИ. РАССМОТРЕН ОРИГИНАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СЫРЬЯ ГИДРООЧИСТКИ КАК СОВОКУПНОСТИ УЗКИХ ФРАКЦИЙ, В КАЖДОЙ ИЗ КОТОРЫХ СУММА СЕРАОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ РАССМАТРИВАЕТСЯ КАК ПСЕВДОКОМПОНЕНТ. ПРИВЕДЕНА МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРООЧИСТКИ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОКОМПОНЕНТОВ, ПОЗВОЛЯЮЩАЯ АНАЛИТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИТЬ ГРАНИЦУ ДЕЛЕНИЯ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ НА ДВЕ ШИРОКИЕ ФРАКЦИИ, И РЯД ПРИМЕРОВ, ИЛЛЮСТРИРУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИ

*THE AUTHORS OF THE ARTICLE DISCUSS THE SPECIAL FEATURES OF PROSPECTIVE WAY OF HYDROTREATMENT OF DIESEL FUEL PREVIOUSLY DIVIDED INTO LIGHT AND HEAVY WIDE FRACTIONS WHICH ALLOWS IMPLEMENTATION OF THE PROCESS WITH THE CATALYST CHARGE WHICH IS 1.5–2 TIMES LESS COMPARED TO TRADITIONAL SCHEMES. THE ORIGINAL METHOD OF IMAGING OF THE HYDROTREATMENT RAW MATERIALS AS THE COMBINATION OF NARROW FRACTIONS, IN EACH OF WHICH THE TOTAL OF ORGANOSULFUR MATTERS IS EXAMINED AS A PSEUDOCOMPONENT, IS EXAMINED. THE MATHEMATICAL MODEL OF HYDROTREATMENT BASED ON PSEUDOCOMPONENTS IS PROVIDED, WHICH ALLOWS ANALYTICALLY DETERMINING THE LIMIT OF DIVIDING THE BASIC RAW MATERIAL INTO TWO WIDE FRACTIONS, AS WELL AS THE RANGE OF EXAMPLES ILLUSTRATING THE POSSIBILITIES OF THE MODEL*

Ключевые слова: гидроочистка, дизельное топливо, математическое моделирование, широкие фракции, сероорганические псевдокомпоненты.

**Смоилов  
Нум Александрович**

кафедра «Нефтехимия  
и химическая технология»,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический  
университет,  
д.т.н., профессор

**Жилин  
Валерия Анатольевна**

аспирант кафедры  
«Нефтехимия и химическая  
технология»,  
Уфимский государственный  
нефтяной технический  
университет

Дизельное топливо является одним из основных продуктов российского экспорта с увеличением его в значительной мере в страны Европейского союза, предъявляющего ввиду ухудшения экологической ситуации в мире строгие требования к качеству товарной продукции по стандарту Евро. Согласно введенным в 2015 г. на территории ЕС стандартам Евро-6 и в Российской Федерации стандарту Евро-5, содержание сернистых соединений в дизельном топливе не должно превышать 10 ppm [1].

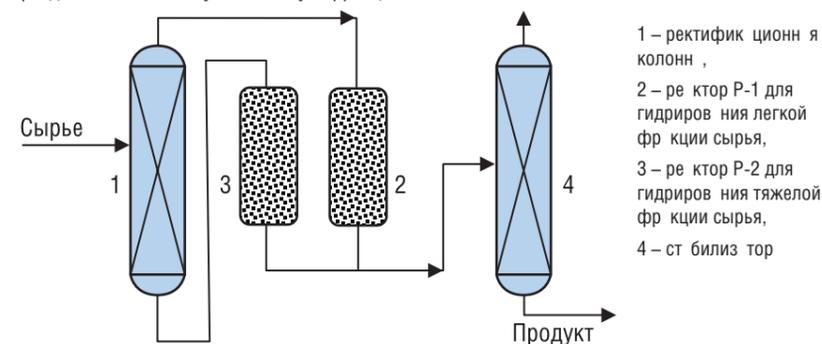
Положениями к содержанию серы в товарной продукции были достаточно низкие, нужна глубина обессеривания по классической однореакторной схеме достигалась обычным вращением параметров ведения процесса: повышением температуры на входе в реактор, уменьшением объемной скорости сырья, повышением давления в реакторе, увеличением кратности циркуляции водородосодержащего газа.

Математическая модель процесса учитывает кинетику гидроочистки по изменению концентрации общей серы в очищенном продукте [2, 3].

По мере ужесточения требований по допустимому содержанию сернистых соединений в дизельном топливе сничало должно качество очистки обеспечиваясь путем простого увеличения времени пребывания исходного сырья в реакторе за счет легко реализуемого монтажа двух или трех последовательных реакторов или разделением исходного сырья на два потока параллельно гидрируемых в двух реакторах [4], при этом с позиций химизма процесс гидродесульфирования все рассмотренные схемы реакторного блока эквивалентны единичному крупноразмерному реактору гидроочистки и реализуют экстенсивный подход к решению задачи глубины очистки дизельного топлива за счет увеличения загрузки катализатора при прочих равных условиях [5].

УДК 665.658.62

Рис. 1. Компонирование реакторного блока с гидрированием сырья, предварительно разделенного на легкую и тяжелую фракции



- 1 – ректификационная колонна,
- 2 – реактор Р-1 для гидрирования легкой фракции сырья,
- 3 – реактор Р-2 для гидрирования тяжелой фракции сырья,
- 4 – стабилизатор

Наряду с этим возможен и испытанный пилотных установок интенсивный подход к решению задачи высококачественной гидроочистки топлив, заключающийся в предварительном фракционировании сырья на широкую легкую и тяжелую фракции, далее индивидуально гидрируемые в двух реакторах, что позволяло эмпирически подобрать лучший режим гидрирования каждой из широких фракций [6–8]. Однако выбор границ деления сырья на две фракции определялся только конкретной производственной ситуацией или достаточно произвольно и не могли быть четкого теоретического обоснования в связи с отсутствием математических моделей, описывающих процесс разделного гидрирования широких фракций. Формирование этих моделей осложнялось отсутствием надежного описания гидрируемой сероорганики в исходном сырье, поскольку глубина гидрирования может лимитироваться как трудногидрируемыми, так и легкогидрируемыми сероорганическими примесями в зависимости от распределения их концентраций в гидрируемом сырье.

Первым предложением решения этой задачи является разработка кинетических моделей процесса для разных классов серосодержащих соединений и для сернистых соединений различной степени гидрируемости [9, 10]. Однако трудоемкость и затратность идентификации не только десятков индивидуальных серосодержащих соединений, но и многочисленных классов соединений, если учесть их низкое по отдельности содержание в исходном сырье, не позволяют досконально учесть все особенности химических превращений веществ.

Вторым предложением предлагается рассмотреть отдельные классы сероорганических примесей в расчете как псевдокомпоненты [11, 12], однако такой подход приемлем только при моделировании единичных реакторов или их последовательности, но не при разделном гидрировании фракций исходного сырья, так как компоненты одного класса (т.е. один псевдокомпонент) могут окисляться разными по всему дизельному топливу [13]. Кроме того, решение задачи разделного гидрирования практически удваивает объем предварительных экспериментов для определения состава сырья и физико-химических параметров, характеризующих гидроочистку.

Нам предложено при разработке компьютерной модели гидроочистки разделять сырье гидроочистки на несколько фракций, которые при реализации процесса

гидроочистки группируются в разделно гидрируемые широкие легкую и тяжелую фракции, и совокупность сероорганических примесей по общей сере каждой фракции рассматривается как условный псевдокомпонент [14]. Такой прием позволяет учитывать особенности кинетики реакций гидродесульфурации в узких фракциях и существенно упростить стадию подготовительных лабораторных экспериментов для определения кинетических характеристик реакции гидродесульфурации по общей сере для псевдокомпонентов по сравнению с представлением псевдокомпонентов как дополнительно выделенных из сырья конкретных классов сероорганических веществ.

В данной статье нами показано, как комбинация влияет число узких фракций, на которое условно делится исходное сырье, и характер распределения сероорганических примесей (псевдокомпонентов) по узким фракциям сырья на выбор границ деления сырья на легкую и тяжелую фракции и загрузку катализатора в реакторы, необходимую для достижения заданной глубины гидроочистки. Задача решалась методом математического моделирования реакторного узла установок гидроочистки с разделным гидрированием легкой и тяжелой фракций сырья (рисунок 1), контрольные расчеты также выполнялись для реализации



ТАБЛИЦА 1. В риты р спределения 16 узких фр кций по ре ктор м Р-1 (легк я фр кция сырья) и Р-2 (тяжел я фр кция сырья)

В рит	Ввод узких фр кций в ре кторы		В рит	Ввод узких фр кций в ре кторы		В рит	Ввод узких фр кций в ре кторы	
	Р-1	Р-2		Р-1	Р-2		Р-1	Р-2
1	1	2...16	6	1...6	7...16	11	1...11	12...16
2	1, 2	3...16	7	1...7	8...16	12	1...12	13...16
3	1...3	4...16	8	1...8	9...16	13	1...13	14...16
4	1...4	5...16	9	1...9	10...16	14	1...14	15, 16
5	1...5	6...16	10	1...10	11...16	15	1...15	16

процесс в единичном ре кторе для сопост вления тр диционной и новой схемы гидроочистки.

Основой м тем тического моделиров ния служил р збивк ИТК сырьевой прямоугольной дизельной фр кции н N р вных узких фр кций, н пример, по 6,25% об при N = 16, в к ждой из которых сер орг ник по общей сере р ссм трив л сь к i-й псевдокомпонент.

В общем виде м тем тическ я модель гидроочистки дизельного топлив имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dC_{S1}}{dt} &= -K_1 C_{S1} \\ \frac{dC_{S2}}{dt} &= -K_2 C_{S2} \\ &\vdots \\ \frac{dC_{Si}}{dt} &= -K_i dC_{Si} \\ &\vdots \\ \frac{dC_{SN}}{dt} &= -K_N dC_{SN} \end{aligned} \right\}$$

где  $C_{Si}$  и  $K_i$  – соответственно концентр ция i-го сер орг нического псевдокомпонент и эффективн я конст нт скорости i-й ре кции.

В к честве допущения при формиров нии м тем тической модели было принято, что ре кция гидродесульфиров ния

псевдокомпонентов описыв ется к к изотермическ я ре кция первого порядк , протек ющ я в ре кторе с гидродин микой иде льного вытеснения при постоянстве прочих п р метров (р сход сырья, д вление, темпер тур , р сход водородсодерж щего г з , ктивность к т лиз тор и удельный объемный р сход сырья по отношению к объему к т лиз тор ), что обеспечив ло корректное сопост вление между собой результат тов р счет при дост точно произвольном в рьиров нии числ узких фр кций и р спределения серы между ними.

Модель позволяет р ссчит ть время конт кт ре кционной смеси с к т лиз тором  $\tau$  для достижения концентр ции серы  $C_{RSr}$  меньшей допустимой концентр ции серы в очищенном дизельном топливе  $C_{SDOP}$ :

$$C_{RSr} = C_{S1} + C_{S2} + C_{S3} + \dots + C_{SN} < C_{SDOP}$$

и необходимый объем к т лиз тор , з груз емого в ре ктор.

Для полноты н лиз при р здельной под че широких легкой и тяжелой фр кций сырья в к ждом из ре кторов ре лизов н м тем тическ я модель с в рьируемым числом

узких фр кций. Исследов ние процесс гидроочистки при делении исходного сырья уст новки н 16 узких фр кций выполнялось для 15 в ритов деления сырья н две широкие фр кции (т блиц 1).

Исследов л сь т кже гидроочистк сырья при делении его н 8 или 4 узких фр кции, к жд я из которых являя сь совокупностью, соответственно, двух и четырех узких фр кций исходных 16 узких фр кций, с соответствующим исчерпыв ющим в рьиров нием сост в широких ф з, поступ ющих в дв ре ктор .

М тем тическ я модель легко д птируется под любое сырье при изменении его сост в по общей сере з д нием ее концентр ции в соответствующем псевдокомпоненте по ф ктическим н литическим д нным или функцией р спределения серы по псевдокомпонент м сырья при решении н литических з д ч.

В соответствии с пост новкой з д чи исследов ния в н стоящей р боте был исследов н ряд гипотетических в ритов р спределения общей серы по 16 псевдокомпонент м в предел х от 1000 ррт до 35000 ррт (т блиц 2, рисунок 2), х р ктеризующих р спростр ненные р спределения: нелинейные с экстремумом тип м ксимум (в риты 1–3), нелинейное возр ст ющее (в рит 4), нелинейное с экстремумом тип м минимум (в рит 5). При р счете концентр ции общей серы для i-го псевдокомпонент в ур внениях использов л сь величин  $G_i$  – доля совокупно отобр нных узких фр кций от первой по i-ю в процент х.

Численные зн чения эффективных конст нт скорости ре кции для 16 узких фр кций псевдокомпонентов приняты в порядке убыв ния

от 16 ч<sup>-1</sup> для 1-й узкой фр кции с легкогидрируемыми серосодерж щими соединениями до 1 ч<sup>-1</sup> для 16-й узкой фр кции с трудногидрируемыми серосодерж щими соединениями, что т кже отр ж ет лимитирующий х р ктер ре кций последних н основе д нных [8]. В случ е р зделения сырья н 4 и 8 фр кций псевдокомпонентов для к ждой фр кции приним лось н меньшее зн чение конст нты скорости из сост вляющих ее узких фр кций.

В к честве критерия оптим льности был выбр н миним льный сумм рный объем з груз емого к т лиз тор для обеспечения глубины очистки 100 м<sup>3/4</sup> сырья до уровня  $C_{SDOP} = 10$  ррт.

Всего было выполнено по 25 в ритов р счет двухре кторного блок процесс гидроочистки для к ждого из 5 в ритов сост в исходного сырья по общей сере. В связи с большим м ссивом результ тов моделиров ния в т бл. 3 приведены только итоговые р счетные з грузки к т лиз тор для двухре кторной схемы с р здельным гидриров нием широких фр кций и для единичного ре ктор .

Во всех 125 в рит х р счет з грузк к т лиз тор в дв ре ктор был в 1,5–2 р з меньше, чем при гидроочистке всего сырья в одном ре кторе (т бл. 3).

В к честве пример н рис. 3 приведены гистогр ммы, х р ктеризующие р спределение к т лиз тор по ре ктор м Р-1 и Р-2 для четырех узких фр кций при р зличной гр нице деления сырья по ре ктор м и в рит х р спределения серы № 1 и № 4, при которых в сырье гидроочистки содерж ние трудногидрируемых сер орг нических компонентов является н меньшим (1000–11000 ррт в № 1) и н ибольшим (26000–35000 ррт в № 4).

Для н лизируемой двухре кторной схеме гидроочистки з счет р зного р сход легкой и тяжелой фр кций, з груз емых в ре кторы Р-1 и Р-2, целесообраз но большую легкогидрируемую ч сь сырья с преобл д нием соответствующих псевдокомпонентов очистить до необходимой глубины в ре кторе Р-1 н небольшой з грузке к т лиз тор , меньшую

РИС. 2. Р спределение общей серы в сырье гидроочистки

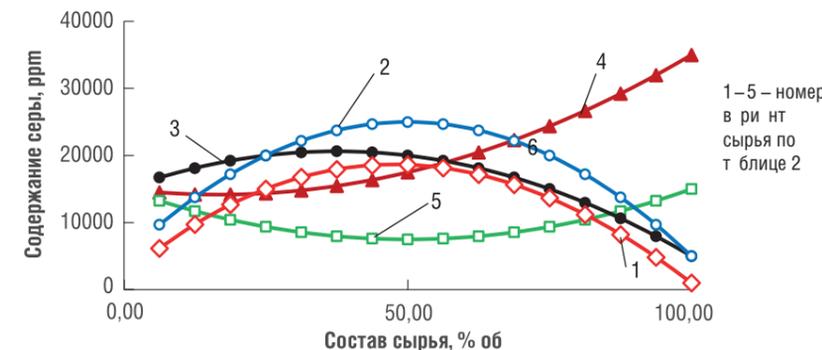
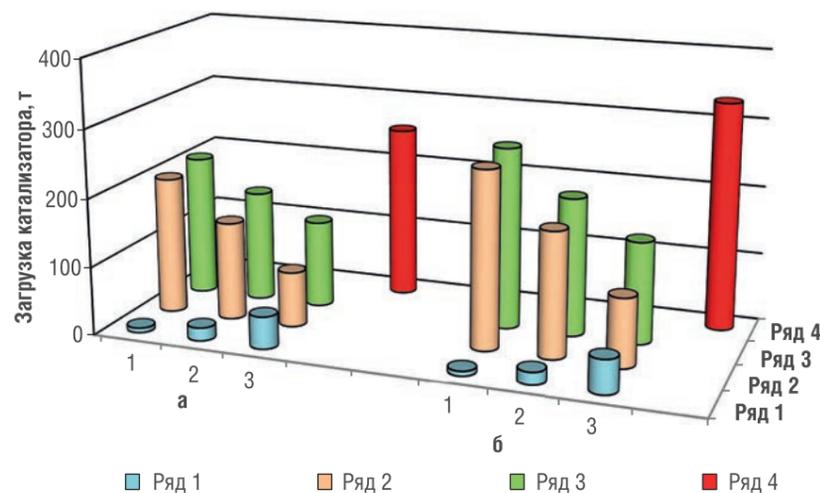


ТАБЛИЦА 3. Сводные д нные по з висимости сумм рной з грузки к т лиз тор в дв ре ктор для р зличных в ритов р спределения общей серы в сырье

Количество узких фр кций (псевдокомпонентов) в сырье	Р спределение узких фр кций по ре ктор м Р-1 и Р-2	Сумм рн я з грузк к т лиз тор в двух ре ктор х, м <sup>3</sup> , при в рит х р спределения общей серы				
		В рит №1: S = 2000 + 720 · G <sub>1</sub> - 8,2 · G <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 0,009 · G <sub>1</sub> <sup>3</sup>	В рит №2: S = 5000 + 800 · G <sub>1</sub> - 8 · G <sub>1</sub> <sup>2</sup>	В рит №3: S = 15000 + 300 · G <sub>1</sub> - 4 · G <sub>1</sub> <sup>2</sup>	В рит №4: S = 15000 - 100 · G <sub>1</sub> + 3 · G <sub>1</sub> <sup>2</sup>	В рит №5: S = 15000 - 300 · G <sub>1</sub> + 3 · G <sub>1</sub> <sup>2</sup>
16	1/2...16	92,3	165,9	166,0	257,0	217,3
	1, 2/3...16	90,7	159,4	159,5	244,4	207,3
	1...3/4...16	88,9	152,8	152,9	231,5	197,0
	1...4/5...16	87,1	146,1	146,1	218,6	186,5
	1...5/6...16	85,2	139,4	139,3	205,6	175,9
	1...6/7...16	83,3	132,7	132,5	192,6	165,1
	1...7/8...16	81,4	126,1	125,7	179,8	154,4
	1...8/9...16	79,6	119,6	119,0	167,1	143,7
	1...9/10...16	78,0	113,4	112,5	154,9	133,2
	1...10/11...16	76,8	107,6	106,4	143,3	123,3
	1...11/12...16	76,2	102,6	101,0	132,9	114,3
	1...12/13...16	76,6	99,0	96,9	124,7	107,0
	1...13/14...16	78,9	97,9	95,0	120,4	103,0
	1...14/15, 16	84,5	101,7	98,0	124,7	106,1
	1...15/16	96,3	117,4	112,8	151,2	128,0
	<b>1...16 в Р-1</b>	<b>96,9</b>	<b>172,3</b>	<b>172,2</b>	<b>269,4</b>	<b>227,0</b>
8	1/2...8	166,1	206,5	201,2	272,9	235,1
	1, 2/3...8	152,1	186,9	182,4	243,6	210,9
	1...3/4...8	138,1	167,4	163,3	214,1	186,2
	1...4/5...8	124,5	148,3	144,7	185,2	161,5
	1...5/6...8	112,2	130,9	127,4	158,3	138,1
	1...6/7...8	103,7	117,9	114,2	137,6	119,7
	1...7/8	107,5	120,0	115,3	138,0	119,2
	<b>1...8 в Р-1</b>	<b>179,9</b>	<b>225,9</b>	<b>219,7</b>	<b>301,8</b>	<b>258,6</b>
4	1/2...4	207,4	229,8	221,7	266,9	233,2
	1, 2/3...4	162,8	178,4	172,4	202,0	177,9
	1...3/4	127,8	137,7	132,9	149,6	131,5
	<b>1...4 в Р-1</b>	<b>253,1</b>	<b>282,6</b>	<b>271,5</b>	<b>332,2</b>	<b>287,6</b>

РИС. 3. З грузки к т лиз тор в ре кторы для сырья с р спределением серы №1 (а) и №4 (б) для двухре кторных одноре кторных схем (ряд 1 – Р-1, ряд 2 – Р-2, ряд 3 – (Р-1 + Р-2), ряд 4 – единичный ре ктор) при р зличной гр нице деления широких фр кций сырья по ре ктор м Р-1 и Р-2 с учетом под чи в них узких фр кций: 1 – (1)/(2,3,4), 2 – (1,2)/(3,4), 3 – (1,2,3)\_1)



трудногидрируемую часть сырья очистить до необходимой глубины в реакторе Р-2 и большей загрузки каталитора, что в итоге обеспечит снижение суммарного объема згруженого в реактор каталитора.

Более того, при увеличении числа псевдокомпонентов и блюдается их распределение по реакторам и, соответственно, эквивалентно этому распределению границ деления широких легкой и тяжелой фракций сырья, при которой процесс гидроочистки может быть реализован с минимизацией загрузки каталитора в реактор. Так, для ври нт сырья №1 с низкой концентрацией трудногидрируемых компонентов границ деления широких фракций смещается с позиции деления между 12 и 13 узкими фракциями на позицию деления между 11 и 12 узкими фракциями.

Следует отметить некоторые характерные особенности гидроочистки дизельного топлива, выявленные в результате тематического моделирования процесса и влияния числа псевдокомпонентов, учитываемых при моделировании исходного сырья гидроочистки.

Отгон широкой легкой фракции от поступающего гидроочистку сырья, подвешиваемый в реактор Р-1, оптимально составляет от 81,25 до 75% об. (рисунок 4), что существенно выше 60% об.,

примененных в [7] и, вероятно, ограниченных особенностями фракционирования на промышленной установке, например теплоподводом в низ ректификационной колонны, разделяющей исходное сырье.

Заметна относительная близость результатов расчета суммарной загрузки каталитора в двух реакторах для ври нтов сырья №4 и №5 при его предствлении 16, 8 и 4 узкими фракциями, в которых трудногидрируемые псевдокомпоненты имеют существенно более высокую концентрацию по сравнению с легкогидрируемыми. Для ври нтов сырья №1, №2 и №3 уменьшение числа узких фракций в двух реакторах вызывает почти одинаковый эффект увеличения загрузки каталитора, связанный с тем, что трудногидрируемые псевдокомпоненты имеют существенно меньшую концентрацию по сравнению с легкогидрируемыми или среднегидрируемыми псевдокомпонентами.

Загрузка каталитора в двух реакторах при заданном гидрировании сырья всегда ниже, чем при подходе всего сырья в один реактор или для эквивалентной ему схемы с несколькими параллельно или последовательно работающими реакторами, в 1,5–2 раз.

Незначительное усложнение алгоритма решения задачи позволяет рассмотреть критерий

оптимальности  $R$  – минимальную загрузку каталитора в реактор. Величина  $R$  определяется при решении целевой функции вида

$$R = \sum_{i=1}^{i=Z} \frac{G_{Fi} \ln \frac{C_{Si}}{C_{Siend}}}{R1_{F/C} K_i} + \sum_{i=Z+1}^{i=N} \frac{G_{Fi} \ln \frac{C_{Si}}{C_{Siend}}}{R2_{F/C} K_i} = \min,$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^{i=Z} C_{Siend} = C_{доп} \text{ и } \sum_{i=Z+1}^{i=N} C_{Siend} = C_{доп},$$

где  $Z$  – число узких фракций в сырье первого реактора, формирующих легкую фракцию;

$G_{Fi}$  – расход  $i$ -й узкой фракции, м<sup>3</sup>/ч;

$C_{Si}$  – начальная концентрация общей серы ( $i$ -го псевдокомпонента) в  $i$ -й узкой фракции перед гидроочисткой, ppm;

$C_{Siend}$  – конечная концентрация общей серы ( $i$ -го псевдокомпонента) в  $i$ -й узкой фракции после гидроочистки, ppm;

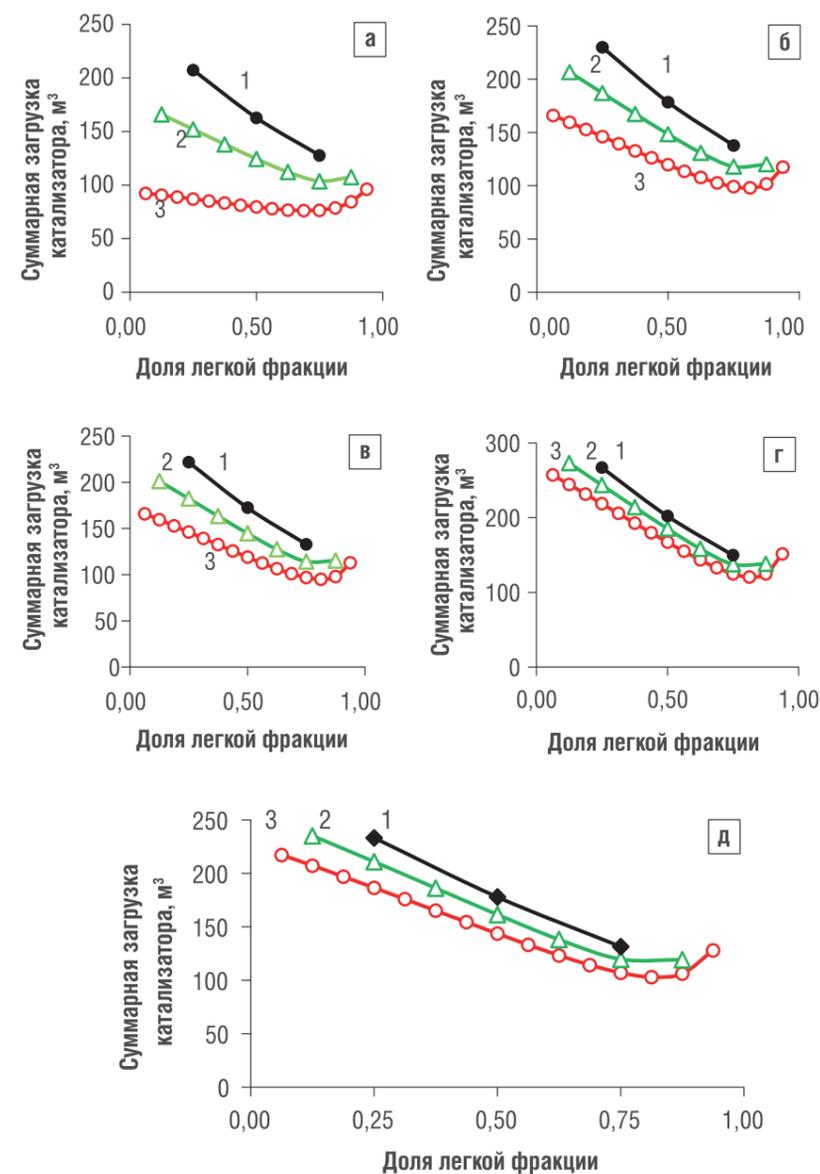
$C_{доп}$  – допустимая концентрация общей серы в очищенном дизельном топливе, ppm;

$K_i$  – константа скорости реакции гидродесульфуризации  $i$ -го псевдокомпонента в  $i$ -й узкой фракции, ч<sup>-1</sup>;

$R1_{F/C}$  и  $R2_{F/C}$  – соответственно удельная производительность каталитора в первом и втором реакторах, м<sup>3</sup> сырья/(м<sup>3</sup> каталитора · ч).

Определение величины  $R$  выполняется при расчете целевой функции при последовательном изменении  $Z = 1$  до  $Z = (N - 1)$ , при этом первая суммарная целевой функции соответствует загрузке каталитора в первый реактор, в котором гидроочистке подвергается легкая фракция сырья, вторая суммарная загрузка каталитора во второй реактор гидроочистки тяжелой фракции. При  $Z = N$  рассматриваются только первое слагаемое и тогда  $R$  соответствует ситуации с подходе всего сырья без разделения на фракции в один реактор, что позволяет сопоставлять загрузку каталитора при различных схемах реакторного блока. Возможен также ври нт алгоритма решения математической модели,

РИС. 4. Зависимость суммарной загрузки каталитора от доли легкой фракции в сырье для 4 (1), 8 (2) и 16 (3) узких фракций псевдокомпонентов (а – сырье №1, б – сырье №2, в – сырье №3, г – сырье №4, д – сырье №5)



когда концентрация общей серы не выходит из каждого реактора, является реакционной при условии: вначале загрузка каталитора в реактор и смешение гидрогенизатов двух реакторов обеспечивают допустимую концентрацию общей серы в выработанном очищенном дизельном топливе. Подобное решение задачи не более полезно использовать при проектировании установок гидроочистки для выбора оптимальной технологической схемы реакторного блока с позиций минимизации загрузки каталитора гидроочистки.

### 3 заключение

Проблему решения компьютерной модели раздельной гидроочистки предельно фракционированного дизельного топлива системным образом ври нтов симуляции подтвердили высокую эффективность этого перспективного метода гидроочистки и возможность литического определения оптимальной позиции границ деления сырья на широкие легкую и тяжелую фракции с обеспечением существенного уменьшения загрузки каталитора в реакторный блок установки. ●

### Литература

- ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Поправкой, с Изменением №1) – Введен 01.01.2015 – Москва: Стандартинформ, 2019. – 39 с.
- Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. М.: Химия, 2001. 568 с.
- Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А., Волошин Н.Д., Золотарев П.А. Технологические расчеты установок переработки нефти. – М.: Химия, 1987. – 352 с.
- Жилина В.А., Самойлов Н.А. Направления модернизации установок гидроочистки дизельного топлива // Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал – 2017. – № 2. – С. 90 – 109. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2017-2-90-109>.
- Самойлов Н.А. Анализ схем углубления гидроочистки дизельного топлива // В кн: Технология-2019: Материалы XXII Международной научно-технической конференции, част. 1. Северодонецк 26-27 вктя, 2019 року. – Северодонецк, СГУ. – 2019. – С. 22–24.
- Патент № 2372380 РФ. Способ селективной очистки бензиновых фракций каталитического крекинга (варианты) / Смирнов В.К., Ирисова К.Н., Талисман Е.Л. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). – 2009. – № 31.
- Логонов С.А., Лебедев Б.Л., Капустин В.М., Луговской А.И., Курганов В.М., Рудяк К.Б. Разработка новой технологии процесса гидрообессеривания дизельных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2001. – № 11. – С. 67–74.
- Логонов С.А. Совершенствование технологии промышленного производства высококачественных дизельных топлив: дис. канд. техн. наук. – Рязань. Рязанский нефтеперерабатывающий завод, 2002. – 200 с.
- Афанасьева Ю.И., Кривцова Н.И., Иванчина Э.Д., Занин И.К., Татарчииков А.А. Разработка кинетической модели процесса гидроочистки дизельного топлива // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – № 3. – С. 121–125.
- Чузов В.А., Долганов И.М., Иванчина Э.Д., Ивашкина Е.Н., Кривцова Н.И., Коткова Е.П. Интеллектуальная гидроочистка // Neftgaz.ru. – 2020. – № 9 [105]. – С. 38–45.
- Xun Tang, Shuyuan Li, Changtao Yue, Jilai He, Jili Hou. Lumping kinetics of hydrodesulfurization and hydrodenitrogenation of the middle distillate from Chinese shale oil // Oil Shale. – 2013. – Vol. 30. № 4. – P. 517–535.
- Bannatham P., Teeraboonchaikul S., Patirupanon T., Arkardvipart W., Limtrakul S., Vatanatham T., Ramachandran P. A. Kinetic Evaluation of the hydrodesulfurization process using a lumpy model in a thin-layer reactor // Ind. Eng. Chem. Res. – 2016. – V. 55. № 17. – P. 4878–4886.
- Лебедев Б.Л., Логонов С.А., Коган О.Л., Лобзин Е.В., Капустин В.М., Луговской А.И., Рудяк К.Б. Исследование состава и реакционной способности сернистых соединений в процессе гидрообессеривания на промышленной установке // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2001. – № 11. – С. 62–67.
- Патент № 2691965 РФ. Способ гидроочистки дизельного топлива / Мнушкин И.А., Самойлов Н.А., Жилина В.А. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). – 2019. – № 17.

KEYWORDS: *hydrotreating, diesel fuel, mathematical modeling, broad fractions, organic sulfur pseudocomponents.*

# ГАПРИН – ОДНА ИЗ ТОЧЕК СОПРИКОСНОВЕНИЯ ИНТЕРЕСОВ ИРАНА И РФ

В СТАТЬЕ ДАН АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ИРАНА И РОССИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ СФЕРЕ. ПРОИЗВЕДЕНА ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА, А ТАКЖЕ УРОВЕНЬ ИХ ДОБЫЧИ. РАССМОТРЕНО ИЗМЕНЕНИЕ МИРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА И РОЛЬ УГЛЕВОДОРОДОВ В МИРОВОЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СТРАТЕГИИ В БУДУЩЕМ. ПРОАНАЛИЗИРОВАНЫ ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПОРТА ГАЗА ИЗ ИРАНА И РОССИИ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ САНКЦИЙ

THE ARTICLE CONTAINS THE ANALYSIS OF POTENTIAL OF IRAN AND RUSSIA IN THE OIL AND GAS AREA. THE ASSESSMENT OF THE RESERVES OF NATURAL GAS, AS WELL AS THE LEVEL OF ITS PRODUCTION, IS PERFORMED. THE CHANGE OF GLOBAL ENERGY VALUES AND THE ROLE OF CARBON HYDRATES IN THE GLOBAL FOOD STRATEGY IN THE FUTURE ARE EXAMINED. THE PROSPECTS OF GAS EXPORT FROM IRAN TO RUSSIA CONSIDERING THE VALID SANCTIONS ARE ANALYZED

Ключевые слова: гаприн, метанол, переработка газа, продовольственная безопасность, нефтегазовые предприятия.

## Момени Мани

аспирант, факультет ИБМ-3  
«Инженерный бизнес  
и менеджмент»,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Главная роль в обеспечении энергией принадлежит природным энергоносителям. ТЭК является основой современной мировой экономики. Уровень развития ТЭК отражает социальный и научно-технический прогресс в стране. Действительно, трудно представить жизнь человека без топлива, энергии, света, тепла, связи, радио, телевидения, транспорта, бытовой техники и т.д. Без энергии невозможно развитие кибернетики, средств автоматизации, вычислительной и космической техники. Поэтому потребление энергии и, следовательно, энергоресурсов непрерывно увеличилось, и особенно бурно в XX веке [1].

Около 90% извлекаемых запасов органических горючих ископаемых мир составляют твердые горючие ископаемые – каменные и бурые угли, антрацит, сланцы, битумы, торф и др. Значение твердых горючих ископаемых по сравнению с жидкими и газообразными ископаемыми до сих пор было преобладающим и остается весьма значительным в мировой экономике. Основная доля твердых горючих ископаемых продолжает использоваться как энергетическое топливо.

Наиболее массовый продукт химической переработки угля – кокс – является основой черной и цветной металлургии. А из жидкой части – смолы – получают большой ассортимент ценных коксохимических продуктов: креозол, креозол, удобрения, взрывчатые вещества, лекарства, пропитывающие и связующие пеки, углеродные электродные и графитовые изделия и др. [1].

Роль основных энергоносителей принадлежит нефти и газу. Продукты их переработки применяются практически во всех отраслях промышленности, во всех видах транспорта, в военном и гражданском строительстве, сельском хозяйстве, энергетике, в быту и т.д. Из нефти и газа

вырабатывают в больших количествах разнообразные химические материалы, среди которых пластмассы, синтетические волокна, каучуки, лаки, краски, моющие средства, минеральные удобрения и многое другое. Нефть и газ определяют не только экономику и технический потенциал, но и политику государств [1].

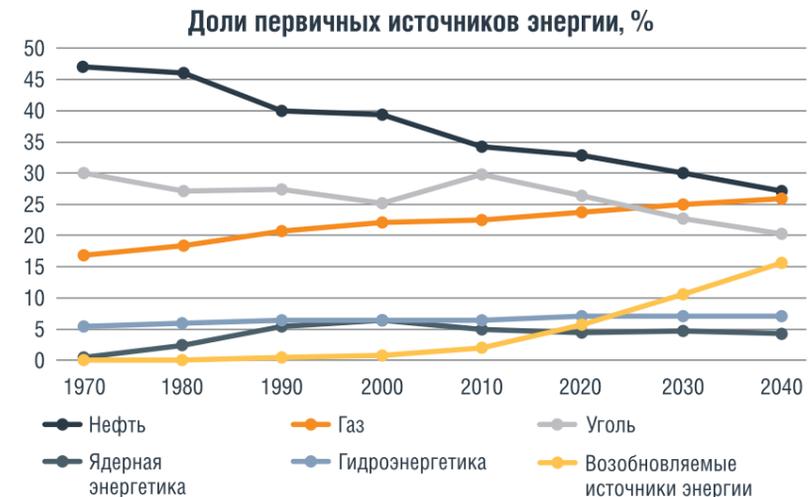
От цены нефти и газа значительной степени зависят экономики нефтедобывающих стран. В развитых странах доходы от нефти составляют значительную долю. Там, где доля доходов от нефти больше, изменение цен на нее сильнее удряет по экономике страны, влияет на внутренний продукт (ВВП) и изменяет структуру бюджета.

РИС. 1. Изменение мирового потребления первичной энергии по виду топлива



УДК 665.71

РИС. 2. Изменение доли первичных источников энергии в мировом потреблении



Экономика Ирана и РФ в значительной степени зависят от доходов нефтегазового сектора. В 2004 году Иран производил 5,1% мировой нефти (3,9 млрд баррелей в день), что обеспечивало доход от 25 до 30 млрд долларов США. Экспорт нефти и газа стал основным источником иностранной валюты в стране. В 2006 году объем добычи нефти составил около 18,7% ВВП страны. Однако углеводородный сектор имел большее значение для Ирана. Нефтегазовая промышленность стала движителем экономического роста.

Соотношение потребления разных источников энергии в мире постепенно меняется. На рисунке 1 и 2 показаны изменение мирового энергетического баланса в период 1970–2040 гг. [1].

Анализируя предстоящие демографические и учитывая прогноз компании Shell до 2050 года [3], можно отметить, что доля угля в мировом энергетическом балансе будет постепенно снижаться, востребованность в природном газе будет только возрастать. Также значительно вырастет доля возобновляемых источников энергии.

Данные тенденции обусловлены тем, что использование полезных ископаемых в энергетических целях оказывает негативное воздействие на природу:

- механическое загрязнение воздуха, воды и земли твердыми частицами (пыль, зола);
- химическое, радиоктивное, ионизирующее, тепловое, электромагнитное, шумовое и другие виды загрязнений;

- расход больших количеств воды, земли и кислорода воздуха;
- глобальный парниковый эффект, постепенное повышение средней температуры биосферы Земли и опасность катастрофических последствий.

Таким образом, страны, обладающие запасами природного газа, находятся в выгодной экономической позиции. Оценка запасов газа в странах, обладающих наибольшими запасами, представлена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Доказанные запасы газа в странах, обладающих наибольшими запасами [2]

№ п/п	Страна	Запасы, трлн м <sup>3</sup>	Доля в мире, %
1	Россия	50,508	24,9
2	Иран	33,899	16,7
3	Катар	23,846	11,7
4	США	13,554	6,7
5	Туркменистан	9,805	4,8
6	Саудовская Аравия	9,069	4,5
7	Объединенные Арабские Эмираты	6,091	3,0
8	Нигерия	5,675	2,8
9	Венесуэла	5,674	2,8
10	Алжир	4,504	2,2
11	Ирак	3,729	1,8
12	Австралия	3,175	1,6
13	Китай	2,856	1,4
14	Индонезия	2,841	1,4
15	Малайзия	2,471	1,2
16	Египет	2,221	1,1
17	Норвегия	2,210	1,1
18	Канада	2,049	1,0
19	Кувейт	1,885	0,9
20	Кувейт	1,784	0,9
<b>Общепризнанные запасы</b>		<b>203,229</b>	<b>100</b>

Россия и Иран являются лидерами в данной сфере, владея 41,6% мировых запасов газа.

Однако остается нерешенным политический вопрос, который состоит в том, что экспорт природного газа из России и Ирана в Европу и Китай может быть санкционирован под влиянием США. Следовательно, появляется логичный вопрос: что будут делать страны с запасами природного газа Россия и Иран в этом случае?

Прежде чем ответить на этот вопрос, следует рассмотреть другую стратегическую проблему России и Ирана, которая заключается в относительно слабой продовольственной безопасности этих стран.

Важным фактором обеспечения продовольственной безопасности является удельный вес отечественного продовольствия в общем объеме потребления в стране. Продовольственная безопасность в России считается достигнутой, если годовое собственное производство жизненно важных продуктов питания обеспечит не менее 80% годовых потребностей населения.

Показатель продовольственной безопасности в США считается

достигнутым в том случае, когда население страны полностью обеспечено продуктами питания собственного производства и имеется возможность его экспорт. Анализируя логично при этом придерживаясь и страны ЕС.

Следует отметить, что у большинства экономически развитых стран продовольственная зависимость практически отсутствует.

Россия обеспечена продуктами собственного производства только на 60%. В Иране эта доля намного меньше.

По данным Минздрава России, например, только на 60% обеспечен собственным мясом, на 80% – молоком, на 58% – сахаром, на 84% – овощами и на 40% – фруктами. Основное – импортные поставки.

Тем образом, в России и в Иране зависимость от импорта продовольствия слишком велика. Динамика импорта продовольствия до сих пор значительно превышает динамику роста собственного его производства.

В России особую остроту приобрели проблемы безопасности продуктов питания для потребителей, что вызвано увеличением поступления на продовольственный рынок некачественных, фальсифицированных и опасных для здоровья продуктов.

По оценкам Национального фонда защиты прав потребителей, на мелкооптовых и продовольственных рынках более 40% импортных и отечественных продуктов питания фальсифицированы.

Следует учитывать и вероятность эмбарго на импорт продовольствия

и сырья для его производства по экономическим, политическим и военным обстоятельствам.

Поэтому импортозамещение является жизненно важным фактором восстановления продовольственной независимости страны, одной из наиболее важных стратегий экономического развития и выживания России и Ирана в современном этапе.

Производство отечественных продуктов питания не может считаться независимым, если оно базируется на использовании импортного сельскохозяйственного сырья, импортных кормов и импортных ингредиентов для изготовления комбикормов.

Учитывая и этот фактор, можно сделать вывод, что продовольственная безопасность России обеспечена менее чем на 60%, что является критическим уровнем. Для Ирана с более 80 млн населения этот процент намного ниже.

Перерабатывающие предприятия пищевой отрасли должны быть обеспечены качественным сырьем отечественного производства, произведенным по российским стандартам и поставляемым на переработку на основе конкурентных цен.

Следовательно, возникнет второй вопрос: как укрепить продовольственную безопасность России и Ирана в долгосрочной перспективе?

Автор предлагает решение, объединяющее нефтегазовую промышленность и биотехнологии и заключающееся в развитии производства ГПН.

ГПН – это биотехнология кормопроизводства, которая может взять на службу продовольственной и экономической безопасности и послужить еще одной причиной сотрудничества РФ и Ирана.

Имеющийся потенциал для производства ГПН:

- Регламенты производства кормового белка из природного газа, метанола, этанола, природные ВНИИсинтезбелок.
- Коллекция производственных штаммов. Промышленная репликация и многолетняя промышленная эксплуатация.

Что такое ГПН и почему он может стать решением для нефтегазовой промышленности и продовольственной безопасности?

Несколько дней общаются с рентами в мире по производству кормовых белков неблагоприятно.

Кормопроизводство, как сложная многоступенчатая и многофункциональная отрасль сельского хозяйства, играет важнейшую роль не только в животноводстве, но и в управлении сельскохозяйственными землями, обеспечении их продуктивности, устойчивости и рентабельности.

От уровня научно-технического прогресса в кормопроизводстве во многом зависит развитие сельского хозяйства и обеспечение продовольственной безопасности страны, также помощь нефтегазовой промышленности в случае блокировки со стороны ЕС или США.

Продукты растениеводства должны максимально глубоко перерабатываться в регионе выращивания, создавая дополнительные рабочие места, добавленную стоимость и прибыль, тем самым развивая село. В этом большую роль играет биотехнология.

Будущее сельскохозяйственного производства в России и в Иране в огромной степени зависит от правильной организации кормопроизводства.

Сегодня мясное животноводство в России в целом нерентабельно, производство мяса крупного рогатого скота – почти убыточное. Ситуация в Иране намного хуже. В последние годы спрос на мясо животных вырос в соседних странах, и поэтому стоимость мяса в Иране выросла в разы. Причиной этому послужил импорт в Иран кормов, мяса и молочных продуктов из других стран в целях экспорта нефтегазовой продукции. Естественно, что в такой ситуации растет импорт дешевого, некачественного мяса и мясокормов.

доля которого на внутреннем рынке составляет свыше 34%.

Россия испытывает острую потребность в отечественном натуральном молоке и мясе. Помимо этого, недостаточное развитие животноводства стало одной из причин бедности и безработицы в селе. Конечно, действуют также политические и стратегические причины, которые приводят к тому, что продукция животноводства увозится за рубеж.

Немаловажно восстановление отечественного животноводства должно сопровождаться приоритетным развитием кормовой базы в различных регионах страны.

В России ее обширной территорией, разнообразными природными и экономическими условиями кормовая база не может быть универсальной. Она должна быть адаптирована к природным условиям, дифференцирована по регионам и по хозяйственным сезонной степени интенсификации животноводства.

В структуре затрат на производство животноводческой продукции 50–70% составляют затраты на корма, поэтому от их себестоимости напрямую зависит рентабельность животноводства. Именно сложная кормовая база является сегодня основной причиной низких показателей в животноводстве. Общее количество производимых грубых и сочных кормов за последние 20 лет снизилось в стране в четыре раза.

Основной недостаток кормов – низкое содержание протеина. В сене и силосе его менее 10%, в сене же – 12%, что значительно ниже нормы. То же касается и комбикормов.

Общий дефицит протеина в кормах в настоящее время составляет более 1,8 млн т.

Но корма, кроме протеина, должны содержать необходимые витамины, микроэлементы и аминокислоты. Низкое качество кормов компенсируется их переработкой на 30–50%, в первую очередь за счет зерна.

Значимую помощь в этом может оказать биотехнология, благодаря достижениям которой можно получить безопасные и высококачественные корма, глубоко перерабатывая продукты земледелия и отходы производства, получая протеин и аминокислоты для комбикормов

из нетрадиционного сырья, обеспечивая всем этим интенсивное развитие животноводства, следовательно, повысить продовольственную безопасность России и Ирана.

Одним из перспективных путей получения полноценного белкового кормового продукта является производство ГПН.

ГПН предназначен для использования в качестве основного функционального компонента комбикормов и белково-витаминных добавок (БВД) в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве (таблица 1).

Технология производства ГПН представляет собой биотрансформацию природного газа в кормовой белковый продукт – ГПН (в мире его называют биопротеином).

ГПН содержит 70–79% сырого протеина (белок по Бюрштейну 63%). По своему составу ГПН является полноценным белковым продуктом с высоким содержанием витаминов группы В (особенно В12), аминокислот и микроэлементов, полностью обеспечивая в них потребности животных различных групп. Кроме того, по сравнению с белковыми кормами растительного происхождения (включая злаковые и бобовые культуры, в том числе сою) ГПН обеспечивает сбалансированное аминокислотное питание животных, в первую очередь, по лизину и серосодержащим аминокислотам (серин, метионин).

ГПН богат витаминами группы В: витамин В1 – 14,1 мг/кг, витамин В12 – 5,6 мг/кг, также микро- и микроэлементы. В 1 кг ГПН содержится 1,1 кормовых единиц, обменной энергии в МДж: для свиней – 12,18, для птицы – 12,05, для крупного рогатого скота – 11,63.

ГПН вводится в комбикорм и БВД в количестве 2,5–30% по массе комбикорма, по зоотехническим нормам. Он нетоксичен, не обладает канцерогенным и кумулятивным действием.

В конце прошлого века были успешно проведены комплексные испытания ГПН на всех видах животных и птицы, рыбы и пушных зверей. Испытания проводились на всех возрастных группах и на нескольких поколениях с/х животных и птицы.

Мясопродукция, полученная с использованием ГПН в кормах животных, безвредна для человека – это доказано многолетним применением биопротеина (ГПН) в кормах животных. За последние десятилетия в Европе, которая открыла путь от продуктов питания и кормов, произведенных с использованием ГМО. Однако в Россию до сих пор не возятся продукты питания с использованием ГМО и не используются возможности производства ГПН для получения собственной животноводческой продукции высокого качества.

На ГПН имеются сертификаты безопасности и безвредности для животных и птицы, имеются ТУ и НСТ в отношении применения.

Технологический процесс производства ГПН основан на том, что метанотрофные бактерии в подходящих условиях активно перерабатывают природный газ, быстро размножаются и наращивают свою биомассу, богатую ценным белком, витаминами и иными биологически активными веществами.

Еще в восьмидесятые годы в Московском институте ВНИИсинтезбелок (ныне ГосНИИсинтезбелок) был создан технология получения из этой биомассы отличного белково-витаминного кормового продукта ГПН.

В те годы двенадцать советских биохимических заводов выпускали около 1 млн тонн микробного белка, что составляло 2/3 от общемирового объема производства белковых концентратов. ГПН производился с 1985 по 1994 г. на опытно-промышленной установке Светло-Ярского завода БВК. Из произведенных за указанный период 40 тыс. т продукта, большая часть пошла на экспорт. Однако в 1994 году это производство закрыли.

На рисунке 4 представлены схемы современной установки биотрансформации природного газа в кормовой биопротеин (ГПН), перерабатывающей 3 п.де.

Сегодня, по мнению автора, такое производство необходимо возродить на современном уровне технологий и техники сразу в нескольких регионах.

Исследования в области микробиологического синтеза белка



ТАБЛИЦА 2. Состав газовой смеси для выращивания метанокисляющих микроорганизмов

Вид микроорганизм	Состав газовой смеси, % об.				
	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух
Meth. methanooxidans	65	30	5	-	-
Ps. methanica	25-45	45	2-10	-	-
Ps. methanica	10-90	20	0,3	-	-
Methanomonas	40	10	5-10	40-45	-
Methanomonas methanica	33,3	-	-	-	66,7
Bacillus sp.	40	40	5	15	-
Смешанная культура	25	-	-	-	75

РИС. 3. Основные направления технологий переработки

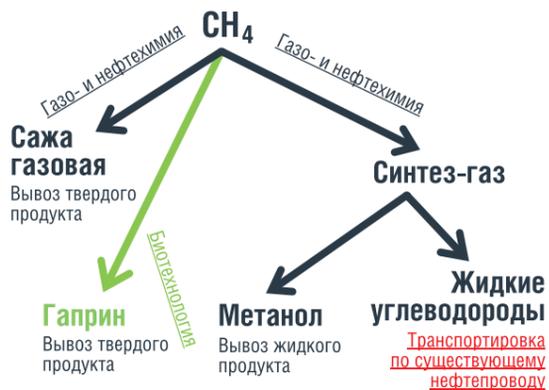
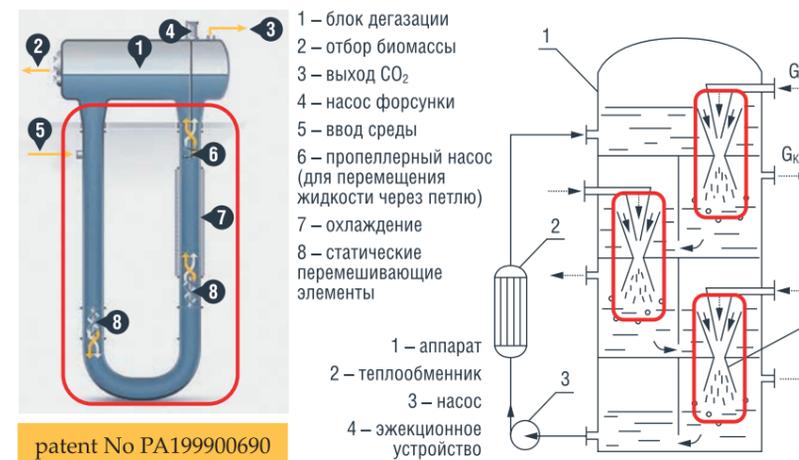


РИС. 5. Основные принципы в производстве гаприна



Изображение с сайта <http://oplib.ru/random/view/673508>

Метанол не был бы почти одновременно с ростом биомассы, что привело к снижению продуктивности процесса. В результате выделения активных культур метанотрофов, также достигаются определенных успехов в росте биомассы и непрерывного культивирования штаммов. При выращивании смешанных культур метанокисляющих бактерий рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* в ферментере с циркуляцией газовой смеси в замкнутой системе был получен концентрат биомассы в культуральной жидкости 1,2 г СБ/л за 38 ч, выход биомассы – 0,6 г СБ на 1 л потребленного метана [4].

В начальной ферментации содержится метан и кислород соответственно 25 и 16%, введение в установку удельная скорость роста культуры свежей метано-воздушной смеси, содержащей около 5% кислорода, продлило логарифмическую фазу роста микроорганизмов и сократило время культивирования. Максимальная удельная скорость роста составила 0,077 ч<sup>-1</sup>, средняя продолжительность генерации составила 9,9 ч при концентрации метана 19–22%, концентрации кислорода 9–13% и значении pH 6,7–7,1.

82,6%. Расход метана и кислорода на 1,8 г сухого вещества, полученного в опыте, составил соответственно 2,18 и 5,47 г. Молярное соотношение потребленного метана и кислорода 1:1,2, молярное – 1:2,5 [4]. Молибден, вольфрам, цинк и марганец в концентрации от 0,0001 до 0,00001% угнетают рост метанокисляющих бактерий, но стимулируют развитие окисляющих пропана. Свинец в указанных концентрациях тормозит рост тех и других микроорганизмов. Медь в концентрации 0,00001% улучшает рост бактерий, окисляющих метан, и угнетает развитие бактерий, использующих пропан. Добавки кобальта (10–150 мг/л) увеличили скорость роста спороспособных бактерий рода *Bacillus*, потребляющих метан [4].

При выращивании метанокисляющих бактерий смешанные культуры этих микроорганизмов развиваются в среде с метаном лучше, чем в чистой. Чистые культуры полностью теряют способность расти только за счет углеводородов. Установлено, что рост метанокисляющих бактерий улучшается при внесении в среду небольшого количества вытяжки из почвы, экстракта дрожжевого втилизата, пиридоксина, тиамина, биотина, аскорбиновой кислоты и других аминокислот. Гаприн также можно производить из попутного нефтяного газа (ПНГ), который до сих пор сжигается в факельных НПЗ и нефтяных месторождениях, особенно на территории Ирана.

РИС. 4. Технологическая схема производства гаприна

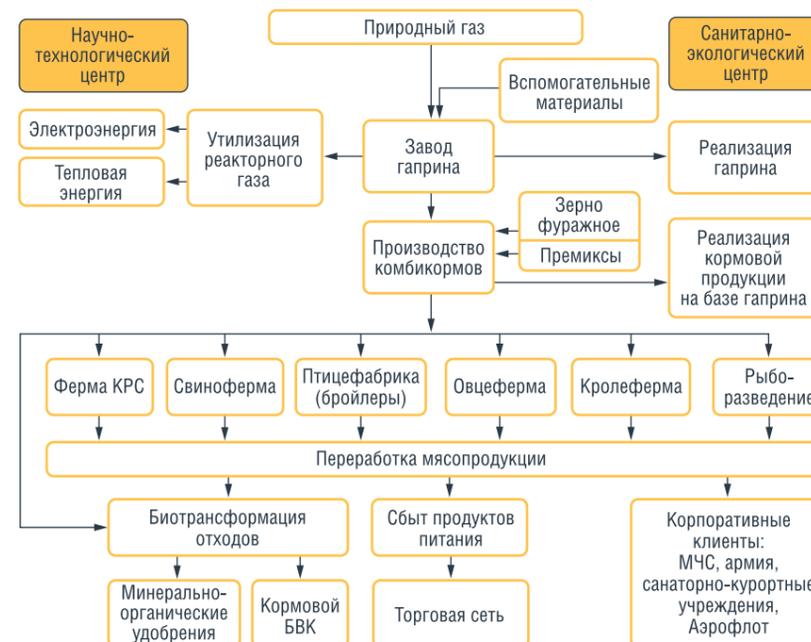


Изображение с сайта <http://www.unibio group.com/>

Нефтяные компании и холдинги России и Ирана в состоянии инвестировать в сферу сельского хозяйства и развитие биотехнологий, чтобы решить задачу по производству гаприна. Кроме того, ключевым фактором рентабельности производства гаприна является стоимость газа. В России и Иране стоимость газа намного ниже, чем в США или европейских странах. Масовое внедрение данной технологии в регионах России позволит частично решить вопрос сбыта природного газа, т.к. потребуются значительные его

объемы на переработку в гаприн. Экономия в том случае происходит за счет отсутствия необходимости импорта продуктов питания, продовольственного сырья и кормов, так как все это производится в необходимых количествах странами самостоятельно. Цена газа, идущего на переработку в гаприн, может быть снижена. Соответственно, стоимость производства кормов снизится в разы. За счет производства гаприна может быть обеспечено самостоятельное кормление скота и птицы в фермерских хозяйствах.

РИС. 6. Структура регионального научно-производственного Агробиоклстера [6]



На рис. 6 приведен структурный Агробиоклстер, в котором мощность заводу по производству гаприна считается собственным использованием и частичную продажу гаприна на региональном кормовом рынке предприятия. В основе собственного гаприна в Агробиоклстере производятся комбикормы, которые могут быть использованы входящих в кластер с/х откормочных комплексов либо реализованы. Агробиоклстер в целом является единым юридическим лицом, все входящие в него заводы, комплексы и терминалы – структурными подразделениями. Низкая себестоимость достигается высокой экономией тепловой и электрической энергии, воды, природного газа, материалами транспортными средствами, отсутствием внутренних НДС и налогов, оптимальным штатным списанием и др. Все это в конечном итоге формирует оптимальную конкурентную цену готовой продукции. Отходы всех производств поступают на собственную биопереработку, также создающую дополнительные товарные продукты. В Российской Федерации есть все необходимое для создания Агробиоклстера, включая технологии, команду ученых и специалистов [5]. Со стороны властей главными спектрами содействия являются волевое решение и инвестиции. ●

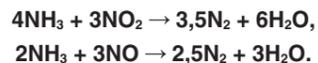
**Литература**

1. Статья «Нефтегазовый комплекс России и мира. Состояние и перспективы развития» опубликована в журнале «Neftegaz.RU» (№ 6, 2020).
2. OPEC Annual Statistical Bulletin 2019. 54th edition – 132 p. [Электронный ресурс]: – URL: <https://asb.opec.org> (Дата обращения: 22.02.2020).
3. Григорян А.Н. Биосинтез на природном газе / А.Н. Григорян, Л.А. Горская. – М., 1975. – 101 с. – (Главное управление microbiологической промышленности при СМ СССР).
4. Грачева И.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров / И.М. Грачева, И.Н. Гаврилова, Л.А. Иванова. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 448 с.
5. С.А. Глухих. Гаприн. Забытая биотехнология кормопроизводства – на службу продовольственной безопасности России [Электронный ресурс]: – URL: <https://sergeyglukhikh.jimdofree.com/публикации/гаприн-забытая-биотехнология-кормопроизводства-на-службу-продовольственной-безопасности> (Дата обращения: 01.10.2020).

KEYWORDS: *gasparin, methanol, gas processing, food security, oil and gas companies.*



Принципиально с этим в технологическую линию с помощью насос подается жидкий аммиак, который испаряется и смешивается с предельными теплообменником с обратным ходом. Вместо него можно использовать и другие аммиачные компоненты, например аммиачные газы с пропаном. В результате происходит превращение оксидов азота в молекулярный азот и воду в соответствии со следующими уравнениями



В качестве восстановителя оксид азота могут выступать низшие углеводороды и оксид углерода в случае их присутствия в дымовом газе:



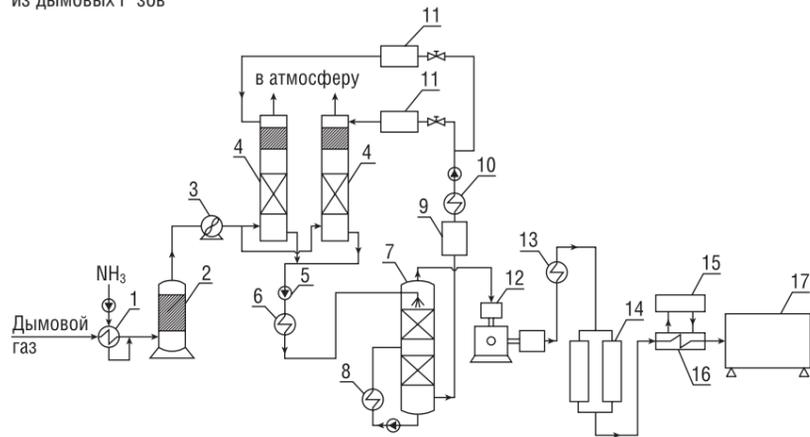
Степень удаления оксидов азота по предложенному способу составляет не менее 95%.

Выходящий из реактора газовый поток охлаждается до температуры 45–50 °С (узел охлаждения на схеме не приведен) и с помощью газодувки 3 направляется в узел сорбции, включающий не менее двух параллельно установленных аппаратов, в которых в качестве сорбента применяется композиционный водный раствор метилдиэтанолмина, катионно-хемосорбции и антикоррозионной добавки, взятых в массовом соотношении 7: (1–3): (0,01–0,03). Количество работающих сорбентов определяется видом сжигаемого топлива и концентрацией в отходящем газе диоксида углерода. Учет этого фактора позволяет увеличить производительность технологической установки, улучшить сорбционные показатели используемой композиции и снизить до минимум коррозионные процессы и деградацию (смолообразование) метилдиэтанолмина в системе.

Абсорбер 4 представляет собой двухсекционный аппарат с колпачковыми тарелками в верхней секции, орошаемые флегмой с температурой 50–65 °С. Нижняя секция выполнена в виде тарельчатых теплообменников с высокими обратными слоями жидкости.

Подобная конструкция аппарата гарантирует равномерное распределение сорбента,

Рис. 1. Принципиальная технологическая схема выделения диоксида углерода из дымовых газов



хорошее смешивание с диоксидами и необходимостью его контакта с дымовыми газами, содействующий эффективному поглощению CO<sub>2</sub>. Благодаря этому снижены до минимум потери диоксида углерода с отходящими газами (0,5% по сравнению с другими системами, где они составляют 1,0–3,0%) и соответственно столько же выростет производительность установки. Непоглощенные газы (преимущественно азот) выбрасываются в атмосферу.

Насыщенный углекислым газом сорбент с помощью насоса 5 через теплообменник 6 подается в десорбер 7, который по устройству логичен сорберу 4. В его верхней секции размещены тарельчатые тарелки с U-образными теплообменными элементами для подъема температуры до 70–90 °С за счет тепла дымового газа. Греть регенерированный и охлажденный сорбент направляют в нижнюю часть сорбера, в верхнюю – глубоко регенерированный поглотитель диоксида углерода. Повышенную степень десорбции раствор достигают в кипятыльнике-конденсаторе 9 при температуре не ниже 110 °С. После ее снижения в холодильнике 10 до оптимального уровня, он поступает в верхнюю секцию сорбера 4.

Включение в технологическую схему кипятыльник-конденсатор 9 позволяет удалять лишнюю влагу, присутствующую в переработанном дымовом газе, поддерживая тем самым концентрацию сорбента на уровне 35–40% масс. Выделяющиеся в нем пары углекислого газа возвращаются в технологический цикл.

Температурный режим в средней зоне десорбера 7 регулируют выносным или встроенным теплообменником 8 за счет подвода тепла к тарельчатому реактору 3.

Это инновационное решение позволяет сократить энергозатраты по сравнению с известными проектами на 25–30%.

Подвально нежелательного вспенивания сорбент способствует включению в линию каталитического реактора очистки поглотителя от смол и продуктов коррозии.

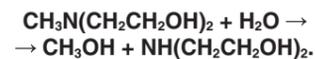
Поток газозабранного диоксида углерода из десорбера 7 направляют в компрессор 12 и далее в холодильник 13. Охлажденный газ подвергают сушке в блоке 14, включающем два сорбера, один из которых находится в рубке, второй на регенерации. В конденсаторе 15 и в холодильной машине 16 с винтовым компрессором, углекислый газ переводят в жидкое агрегатное состояние и перекачивают в емкость 17.

Таким образом, предлагаемый способ получения диоксида углерода предусматривает использование более совершенного селективного каталитического способа удаления оксидов азота из дымовых газов, также применение сорбента, в состав которого входит сорбирующее вещество – метилдиэтанолмин, катионно-хемосорбции – пиперзин и ингибитор коррозии технологического оборудования, взятые в оптимальном соотношении.

Результатом предлагаемого способа достигаются благодаря включению в технологическую схему

двух параллельно работающих абсорберов, кипятыльник-конденсатор и аппаратов очистки этаноламина от смолистых соединений и продуктов коррозии.

Обработка последних обусловлено деградацией метилдиэтанолмина из-за его гидролиза при повышенных температурах согласно следующей реакции:



В дальнейшем присутствующий в сорбенте диэтанолмин образует с диоксидом углерода труднорастворимые в воде смолистые соединения, которые ухудшают массовый обмен и вызывают вспенивание.

Метанол в условиях ведения процесса окисляется кислородом до формальдегида и далее до муравьиной кислоты, что способствует коррозии оборудования из не легированных сталей. Для ее ингибирования в состав этаноламина композиции введен ИКФ-1 по ТУ 2433-022-0206492-03, являющийся продуктом взаимодействия карбамидоформальдегидного концентрата марки КФК-85 и аммиачной воды.

Образующиеся в небольшом количестве жидкие отходы выводят в ходе регенерации сорбента с использованием паров его очистки и применяют в качестве одного из сырьевых компонентов при получении нейтральных сероводород для нефтей [20]. Тем самым исключено воздействие вредных отходов на окружающую среду.

Наиболее предпочтительными в предлагаемой технологии являются дымовые газы с содержанием диоксида углерода не менее 5% об.

Рассмотренный инновационный способ иллюстрируется следующим примером.

Поток дымового газа, образующийся при сжигании попутного углеводородного газа, содержащий 8 об. % диоксида углерода и 0,1 об. % оксид азота, стабилизируют в теплообменнике до температуры 250–350 °С, смешивают со стехиометрическим количеством аммиака и направляют в проточный реактор с вольфрам-молибденовым оксидным катализатором. Очищенный

от оксид азота газ выходит из реактора охлажденным до 50 °С и подается в узел сорбции в количестве 1005 кг/ч с учетом углекислого газа. Для извлечения CO<sub>2</sub> из дымового газа с эффективностью не ниже 99,5% в узле сорбции подвергается непрерывной циркуляции 14 т/ч водный раствор композиции концентрации 40% масс., приготовленной смешением метилдиэтанолмина, катионно-хемосорбции и ингибитора коррозии ИКФ-1 в массовом соотношении – метилдиэтанолмин: катионно-хемосорбция: ИКФ-1 = 7:1:0,01.

Выход чистого углекислого газа с установленной составляет один тонн в час, его выбросы в атмосферу – 5 кг/ч. Коррозия оборудования не установлена.

Полученный диоксид углерода далее переводится в сжиженное состояние.

При необходимости мощность установки может быть увеличена до необходимого уровня за счет масштабирования используемого оборудования.

Метод выделения диоксида углерода из дымовых газов может быть применен и на мини-установках получения метанола из попутного нефтяного газа [21]. Применяемые при этом технологические процессы сопровождаются выбросом в атмосферу газозабраных отходов с достаточным содержанием диоксида углерода, что позволяет их использовать в качестве сырьевых компонентов.

Это открывает широкие перспективы для промышленного использования нефтяного попутного газа и для выполнения обязательств России в рамках подписанного Парижского соглашения по сокращению выбросов парниковых газов. ●

**Литература**

1. Фомкин А.В., Жданов С.А. Тенденции и условия развития технологий повышения эффективности нефтеизвлечения в России и за рубежом // Нефтепромысловое дело. 2015. № 12. С. 3–5.
2. Афанасьев С.В., Калинин Е.С., Турапин А.Н., Волков В.А. Регулирование приемистости нагнетательных скважин нефтяных месторождений // Neftegaz.ru. Деловой журнал. 2020. № 7. С. 28–33.
3. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов нефтяных месторождений // Успехи химии. 2007. Т. 76 (10). С. 1034–1052.
4. Аббас Саид, Сандерс Аарон В., Чакраборти Дебашис. Применение неионных поверхностно-активных веществ, растворимых в диоксиде углерода, для повышения нефтедобычи. Патент на изобретение RU № 2612756 / Опубликовано. 2018.

5. Хлебников В.Н., Зобов П.М., Антонов С.В. и др. Исследование гидротермального воздействия на породу баженновской свиты // Башкирский химический журнал. 2011. № 4. С. 182–187.
6. Назарова Л.Н., Скоров Д.С. Комплексная технология воздействия на керогеносодержащие пласты баженновской свиты // Нефтяное хозяйство. 2020. № 3. С. 14–17.
7. Сидорова К.И. Экономическая оценка использования технологии утилизации углекислого газа в нефтяных месторождениях для повышения нефтеотдачи. Диссертация на соискание ученой степени к.э.н., ФГБОУ ВПО Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, 2016 г.
8. Афанасьев С.В. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие для работников промышленных предприятий и студентов ВУЗов. – Самара. Изд. Сам. науч. центра РАН. 2020. – 407 с.
9. Хлебников В.Н., Зобов П.М., Хамидуллин И.Р. и др. Перспективные регионы для осуществления проектов по хранению парниковых газов в России // Башкирский химический журнал. 2009. Т. 16. № 2. С. 73–80.
10. Афанасьев С.В., Волков В.А. Диоксид углерода как реагент интенсификации нефтедобычи // Neftegaz.ru. Деловой журнал. 2020. № 8. С. 30–35.
11. Волков В.А., Беликова В.Г., Прохоров П.Э., Афанасьев С.В., Керросиров В.М. Способ газациклической закачки жидкого диоксида углерода при сверхкритических условиях в нефтедобывающую скважину. Патент на изобретение RU № 2652049 / Опубликовано. 2018.
12. Волков В.А., Беликова В.Г., Прохоров П.Э., Турапин А.Н., Керросиров В.М., Афанасьев С.В. Мобильный комплекс для закачки жидкого диоксида углерода в нефтедобывающую скважину. Патент на изобретение RU № 2728295 / Опубликовано. 2020.
13. Волков В.А., Прохоров П.Э., Турапин А.Н., Афанасьев С.В. Газациклическая закачка диоксида углерода в добычающие скважины для интенсификации добычи высоковязкой нефти // Нефть. Газ. Новации. Научно-технический журнал. 2017. № 4. С. 62–65.
14. Orr F.M., Heller J.P., Taber J.J. Carbon dioxide flooding for enhanced oil recovery: promise and problems // JAOCs. 1982. Vol. 59. № 10. P. 810A–817A.
15. Прохоров П.Э., Волков В.А., Турапин А.Н., Афанасьев С.В. Технологические аспекты реализации газациклической закачки диоксида углерода для увеличения добычи высоковязких нефтей // Нефть. Газ. Новации. Научно-технический журнал. 2018. № 8. С. 20–25.
16. De Boer R. B., Leerlooye K., Eigner M. R. P., Van Bergen A. R. D. Screening of Crude Oils for Asphalt Precipitation: Theory, Practice, and the Selection of Inhibitors. SPE Production & Facilities, Feb. 1995, pp. 55–61. SPE-24987.
17. Афанасьев С.В. Углекислый газ как сырье для крупнотоннажной химии // Neftegaz.ru. Деловой журнал. 2019. № 9. С. 94–106.
18. Афанасьев С.В., Сергеев С.П., Волков В.А. Современные направления производства и переработки диоксида углерода // Химическая техника. Межотраслевой журнал для главных специалистов предприятий. 2016. № 11. С. 30–32.
19. Волков В.А., Афанасьев С.В., Афанасьев А.С., Турапин А.Н., Прохоров П.Э. Способ выделения диоксида углерода из дымовых газов и устройство для осуществления способа. Патент на изобретение RU № 2733774 / Опубликовано. 2020.
20. Афанасьев С.В., Волков В.А. Вторичное сырье для предприятий нефтехимии: проблемы и решения // Neftegaz.ru. Деловой журнал. 2020. № 4. С. 88–91.
21. Загашвили Ю.В., Ефремов В.Н., Кузьмин А.М. Малотоннажная установка получения метанола. Патент на полезную модель RU № 183172 / Опубликовано. 2018.

**KEYWORDS:** flue gases, processing technology, gas-cyclic injection, high-viscosity oil, Bazhenov formation, oil production intensification.

# ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ



В СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ, АНАЛИЗ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СОБЛЮДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ. ОЧЕВИДНО, ЧТО НЕОБХОДИМЫ ДАЛЬНЕЙШИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ, РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПЛАСТОВ И ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ, ПОДСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ, НЕ ОКАЗЫВАЮЩИХ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*THE MAIN FOCUS OF THE WORK IS A REVIEW OF SOME WAYS OF INCREASING OIL RECOVERY, ANALYSIS OF THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN TERMS OF COMPLIANCE WITH ENVIRONMENTAL STANDARDS. OBVIOUSLY, FURTHER THEORETICAL STUDIES ARE NEEDED IN THIS AREA, THE CALCULATION OF THE TEMPERATURE FIELDS OF THE FORMATIONS AND THE BOTTOM HOLE ZONE, THE CALCULATION OF THE EFFECTIVENESS AND PROFITABILITY OF PROMISING METHODS OF STIMULATING THE FORMATION THAT DO NOT HAVE A NEGATIVE IMPACT ON THE ECOLOGICAL ENVIRONMENT*

Ключевые слова: нефтеносный пласт, нефтеотдача, способы воздействия на пласт.

**Ефимов  
Глин Федоровн**

филиал Уфимского  
государственного нефтяного  
технического университета,  
доцент, к.ф.-м.н.

В течение последних лет практически во всех эксплуатируемых месторождениях наблюдается проблема последующей более полной добычи нефти, основным фактором является нефтенасыщенность в которых составляет 60–70% от начальных запасов. Идет активный поиск новых высокоэффективных способов увеличения степени извлечения нефти, что позволит продлить сроки истощения природных запасов. При искусственном воздействии на пласт современными методами коэффициент извлечения нефти возрастает от 0,3 при естественных режимах работы до 0,5 и больше [4].

Для извлечения остаточной нефти применяются физико-химические и термические способы воздействия, как, например, в вакуум-процессе, газовой репрессии, промывке нефтяного пласта водой в различных режимах, использовании

поверхностно-активных веществ, отмытия нефти от породы пористыми телами, тепловое воздействие на пласт в различных модификациях.

Для повышения нефтеотдачи, несомненно, целесообразно увеличивать температуру всего нефтеносного пласта. Этот вывод можно сделать, анализируя влияние теплового воздействия на физические свойства жидкостей в местах их залегания: воздействие на динамическую вязкость, плотность, межфазное взаимодействие. Первые исследования возможности использования тепла в технологии добычи нефти проводили А.Б. Шейнман и К.К. Дубровой. В работе Н.К. Бибиков и А.Р. Грушев [1] уделяется большое внимание теоретическим и практическим исследованиям по изысканию наиболее эффективных способов простого повышения температуры пласта, к которым относятся метод, как у нас, так и за рубежом.

Рассмотрим некоторые способы воздействия на нефтеносные пласты.

1. Нагревание теплоносителей: горячей жидкости или перегретого водяного пара. Водяной пар – наиболее используемый для вытеснения жидкости – обладает

свойством переносить гораздо большее количество тепла, чем любая другая жидкость в том же агрегатном состоянии (жидком или газообразном) [1]. Однако при непрерывном нагревании теплоносителя (системы нагревания – добыча скважины) не вся подводимая тепловая энергия расходуется на увеличение нефтеотдачи. Некоторая часть энергии теряется из-за тепловых потерь: при течении теплоносителя по участку обсадной трубы скважины, проходящему через верхние слои грунта; в кровлю и подошву нефтяного пласта непосредственно в ходе нагревания в пласте; повышение температуры нефтяного коллектора. При вытеснении нефти горячей водой к добыче из факторов – снижение отношения вязкостей нефти и воды, изменение относительных проницаемостей, также термическое расширение нефти – окисление и воздействие на процесс. Снижение отношения вязкостей и остаточной нефтенасыщенности приводит к замедлению распространения фронта воды и тем самым к увеличению нефтедобычи до прорыва фронта воды [1]. Однако следует отметить, что в месторождениях очень

вязкой нефти, где породы хорошо склеиваются ею, не возникает кинематической непрерывной водяной пленки на поверхности породы, что сильно затрудняет вытеснение, делает его почти невозможным, если не прибегнуть к разрыву пласта. При нагревании в пласте водяного пара происходят процессы испарения и конденсации легколетучих компонентов нефти, обогащения остаточной нефти тяжелыми фракциями (все менее и менее летучими), и нефтенасыщение со временем падает [1]. Вследствие нарушения равновесия при извлечении легких составных частей нефти может произойти выделение твердого или очень вязкого углеводородного осадка. Подобные отложения практически не растворимы ни в легкой нефти, образующейся в ходе работы, ни в тяжелой нефти исходного состава. Их наличие снижает проницаемость среды.

2. Подогрев пласта вместе с пористыми телами некоторыми химическими добавками и реагентами. Необходимость обеспечения термической и химической стабильности этих веществ определяет их область применения – они могут быть использованы в тех месторождениях, где температура нагревания не превышает 100–120 °С. Это условие выполняется в месторождениях с малой глубиной залегания пластов и невысоким внутрипластовым давлением. Опубликованные данные не позволяют судить о рентабельности подобного метода [1].

3. В основу внутрипластового горения положен процесс горения части нефти, содержащейся в пористой среде, для увеличения подвижности несгоревших фракций. Горение обычно инициируется с помощью специального оборудования, позволяющего создать в прибойной зоне необходимый температурный уровень; в дальнейшем процесс протекает в автономном режиме при постоянной подкачке воздуха. Как правило, температурный фронт горения превышает температуру пласта и вытеснения водяного пара и находится в пределах от 400 до 600 °С [4].

Внутрипластовое горение применяется с пятидесятых годов, в основном в месторождениях тяжелой нефти. Реализация внутрипластового горения значительно сложнее, чем

вытеснение нефти пористым телом. В качестве топлива в нефтяном пласте используется как собственное пластовое топливо, содержащееся в пористых телах, которое воспламеняется при благоприятных условиях при нагревании воздуха в пористом теле, так и нагреваемый извне горячий газозовоздушная смесь. Основным методом внутрипластового горения является возможность осуществления химических реакций в пористой среде: окисление и горение нефти, пиролиз нефти, в результате которого образуются нефтяной кокс. Количество этого кокса зависит от свойств нефти. Достоинство – точное количество кокса для поддержания горения образуются из тяжелых нефтей. Очень легкие нефти не всегда могут обеспечить устойчивое подземное горение. В этом случае используется подземное горение смеси. Совместное использование методов внутрипластового горения и нагревания горячей водой служит повышению КПД всего процесса.

4. Использование электрической энергии для нагрева пласта. Термическую обработку скважин месторождения тяжелой нефти осуществляют подведением электрического тока непосредственно к прибойной зоне, при этом электроизолированы трубы, используется в качестве проводника, подводимого к нефтеносному пласту [4]. Электрическая проводимость пласта, зависящая от присутствия электролитов в пластовой воде, обычно достаточна для протекания в нем электрического тока с выделением тепловой энергии. Метод электровоздействия на пласт применяется также для разогрева битуминозных отложений до уровня, достаточного для последующего эффективного вытеснения битума непрерывным нагреванием в пласте водяного пара. В 1981 г. было проведено первое экспериментальное опробование данного метода на элементе, включающем четыре скважины-электроды, расположенные между которыми составляло 30 м, и восемь контрольных скважин, через которые измеряли электрическое сопротивление и температуру в пласте. После пяти месяцев непрерывного прогревания температурный фронт поднялся от 10 до 78 °С [1].

5. Одним из перспективных методов повышения эффективности

прогрева прибойной зоны нефтяного пласта, не оказывающих негативного воздействия на экологическую обстановку, также для предотвращения парафиноотложений, может быть использован ротермический эффект – изменение температуры при течении флюида в пористой среде в нестационарном поле деформации [3, 5]. Установлено, что при колебательном движении жидкости в пористой среде наблюдается повышение температуры и достигаются максимальный эффект разогрева пористой среды. Величина ротермического эффекта зависит от свойств пористой среды, состава фильтрующейся жидкости, фазовых переходов, времени, геометрии течения и т.д. Основными сопоставления экспериментальных измерений и результатов численного эксперимента по полученным зависимостям, установлено, что с увеличением вязкости величина ротермического эффекта возрастает. При изменении частоты колебаний на  $0,01 \text{ с}^{-1}$  температурный фронт фильтрующейся нефти изменяется на 10 К. Пространственный эффект проявляется в том, что при содержании пара в флюиде порядка 20% происходит снижение температурного эффекта в 1,5–2 раза. Расчеты проводились для Зандантбухской нефти (парофиносодержание ~5%), Кумдыгской (парофиносодержание ~12%) и Мугдышской (парофиносодержание ~20%) [2]. Следует отметить, что окончательный результат термодинамики ротермического эффекта не является завершенным. Необходимы дальнейшие теоретические исследования, расчет температурных полей пластов и прибойной зоны, подсчет эффективности и рентабельности предлагаемого метода теплового воздействия при нефтедобыче. ●

## Литература

1. Байбаков Н.К., Гарушев А.Р. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. М: Недра, 1977. С. 238.
2. Ефимова Г.Ф. Математическое моделирование температурных процессов в фильтрационно-воловых полях. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. 106 с.
3. Филиппов А.И. Скавижная термометрия переходных процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1989. С. 116.
4. Чекалок Э.Б., Оганов К.А. Тепловые методы повышения отдачи нефтяных залежей. Киев: Наукова думка, 1979. С. 208.
5. Filippov, A.I., Efimova, G.F. The Theory of Barothermic Effect in Liquids with Due Regard for the Heat Conductivity in the One-Dimensional Case // High Temperature. Vol. 35. No. 4. 1997, pp. 549–552.

KEYWORDS: oil-bearing formation, oil recovery, methods of stimulating the formation.

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА

В ДАННОЙ РАБОТЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА ПУТЕМ ЗАКАЧИВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ, А ТАКЖЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПЛАСТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА. ОПИСЫВАЮТСЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННОГО МЕТОДА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*THIS PAPER DEALS WITH THE METHOD OF INCREASING THE RESERVOIR RECOVERY BY INJECTING CHEMICAL REAGENTS, AS WELL AS BY INFLUENCE OF THE DIRECT CURRENT ELECTRIC FIELD ON THE RESERVOIR. THE RESULTS OF USING THIS METHOD AT THE PRODUCTION FIELDS OF THE WESTERN SIBERIA ARE DESCRIBED*

Ключевые слова: *методы увеличения нефтеотдачи, обводненность, Смотлорское месторождение, электрод, ток.*

## Худайбердиев Азиз Тулкинович

студент направления «Нефтегазовое дело», Филиал ФГБОУ высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

## Косьянов Петр Михайлович

д.ф.-м.н., профессор кафедры «Гуманитарно-экономических и естественно-научных дисциплин», Филиал ФГБОУ высшего образования «Тюменский индустриальный университет» высшего образования

## Полищук Александр Сергеевич

заведующий лабораторией «Физика нефтегазовых систем и пластов» АО «НижневартовскНИПИнефть»

Актуальность данной темы заключается в необходимости разработки новых методов увеличения нефтеотдачи пластов для месторождений высокообводненных скважин. Нефть уже не бывает ключом. Около 65% запасов нефти в России относятся к трудноизвлекаемым. То есть для освоения подобных запасов требуются повышенные затраты материальных средств, труд и т.д. [1, с. 11]

Нучно-техническое обоснование метода повышения нефтеотдачи пластов

Текущее состояние разработки месторождений характеризуется прогрессирующим ростом обводненности добычей продукции (20–90%), уменьшением темпов отбора нефти (5–25% в год).

В последние годы в Урьевском месторождении проведены опытно-промышленные испытания более 10 различных методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пластов. При этом только научно обоснованный подбор технологии позволил повысить коэффициент нефтеотдачи пластов на 3–4%.

Большинство технологий по субъективным и объективным причинам (технологическая и техническая сложность реализации, отсутствие спецоборудования, температурные ограничения, отсутствие необходимых химреагентов и др.) не нашли дальнейшего развития и широкого внедрения.

Низкопродуктивные залежи (НПЗ) (юрские отложения) нефти, следовательно, внедренные в эксплуатацию, изначаль-

но имеют более низкий коэффициент конечной нефтеотдачи (0,2–0,3).

Традиционно применявшиеся в Западной Сибири высокопродуктивные пласты технологии МУН и НПЗ не пригодны.

Традиционные исследования системы разработки юрских отложений показывают иногда только высокие приемистости и негнетельные скважины к кин ВПЗ, т.к. ин НПЗ, которые предполагают наличие суперколлекторов и промытых зон. Данный способ эксплуатации зон требует внедрения специальных МУН, позволяющих исключить кинжальные прорывы из скважины воды и увеличить охват пласта воднением.

В данной работе приведено научно-техническое обоснование внедрения электрохимических МУН в сложных в геологическом строении месторождениях. Основное внимание уделено низкопродуктивным залежам нефти, находящимся в поздней стадии разработки, в которых наблюдается рост обводненности и отмечается тенденция к снижению добычи нефти.

Подбор электрохимического МУН для конкретного объекта осуществлялся на основании следующих характеристик:

- по результатам промысловых испытаний МУН на логических объектах;
- по критериям эффективности применения МУН для данного геологического разреза, физико-химическим свойствам флюида и характеристикам текущего состояния разработки данного пласта.

В ходе исследования мы проанализировали некоторые существующие методы и тенденции увеличения нефтеотдачи.

Способ повышения проницаемости прибойной зоны нефтеносного пласта. Данный способ приводит к повышению дебита нефтедобычи скважин путем проведения электрообработки прибойной зоны пласта. В способе повышения проницаемости прибойной зоны нефтеносного пласта при определении геологофизических параметров метров прибойной зоны пласта определяют порометрическую

кривую потерь коллектора в прибойной зоне  $f(r)$  для расчета средней величины радиуса  $r_{ср}$  поровых каналов. После этого определяют длительность импульса  $t$  и соответствующую ей минимальную допустимую плотность тока в импульсе  $j$ . Скважность импульсов устанавливается в зависимости от зоны 1–3. Время проведения импульсной обработки выбирают по соответствующей формуле. Повышается точность определения параметров импульсной электрообработки для эффективного увеличения проницаемости прибойной зоны нефтеносного пласта при снижении энергопотребления [2].

Плюсы данного способа:

- повышение точности определения параметров импульсной электрообработки для эффективного увеличения проницаемости прибойной зоны пласта при снижении энергопотребления.

Минусы данного способа:

- сложность выполнения операций, требуется наличие мощного источника электрической энергии, расположенного вблизи скважины.
- необходимо наличие высоковольтной линии электропередачи недалеко от скважины, что значительно усложняет реализацию данного способа.

Известен способ подземного выщелачивания (US 4071278 А, кл. 299/53, 1978 г.), заключающийся в том, что для интенсификации процесса выщелачивания через массив пропускают электрический ток – постоянный, переменный или импульсный.

В результате протекания электрохимических реакций, инициируемых пропуском электрического тока через среду, содержащую глину, происходит разрушение глинистых частиц, их вынос, и как следствие, увеличение проницаемости среды. Условием использования известного способа в целях увеличения проницаемости среды является наличие в обрабатываемой среде глины. Это существенно ограничивает область применения способа и не позволяет изменять проницаемость широкого класса пород-коллекторов [3].

Объект исследования – методы увеличения нефтеотдачи.

Предмет исследования – поиск эффективных путей повышения нефтеотдачи пластов.

Целью исследования является определение и описание наиболее эффективных электрохимических методов увеличения нефтеотдачи.

*Задачи, решенные в ходе исследования*

- Описаны существующие методы увеличения нефтеотдачи с применением электрических полей.
- Исследованы новые, эффективные МУН для месторождений высокообводненных скважин.

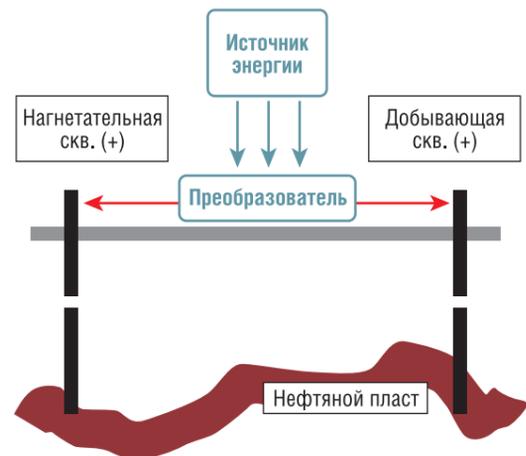
Высокообводненные и месторождения требуют внедрения новых технологий для повышения эффективности нефтедобычи.

Мы предлагаем метод увеличения нефтеотдачи, который подразумевает использование химических реагентов в пласте, а также воздействие электрического поля постоянного тока. Ток будет проходить через два питающих электрода, которые находятся на уровне пласта. Метод основан на дополнительном воздействии на пласт постоянным электрическим током, пропускаемым к минимуму в пределах куласта скважины через два питающих электрода, находящихся на уровне пласта в двух рядах расположенных скважин. Электрод с отрицательным зарядом расположен в негнетельной скважине, с положительным зарядом – в добычей скважине. При этом под действием электродвижущих сил в поровом пространстве пласта возникают электрокинетические и электрохимические процессы, увеличивающие эффективность искусственного воднения. Так, электрокинетические процессы обуславливают более активное вытеснение нефти водой из порового пространства, поскольку этому способствует создание вокруг негнетельной скважины щелочной среды с высокими моющими и нефтьвытесняющими свойствами. Конструктивно электрическая установка мощностью 30–40 кВт состоит из трансформатора, выпрямителя постоянного тока, скважинных питающих электродов катод (рис. 2) и анод (рис. 2б) катоды марки КРБП-3х16. Электроды подсоединяют к

УДК 622.276.6



РИС. 1. Схема химического метода с воздействием электрического поля



клемм м выпрямителя постоянного ток при помощи кабеля. Помещают в скважину на уровне перфорации обсадной колонны. Электроды скважин опускают в скважину с использованием НКТ (рис. 1).

В добычей скважине выбор электродного материала не имеет принципиального значения. Электрообработка проводится круглосуточно в течение трех месяцев. После отключения напряжения достигнутый эффект обычно сохраняется длительное время (год и более).

В результате увеличиваются коэффициент охвата воздействием щелочного раствора обводняющегося неоднородного пласта, значительно уменьшаются обводненность добычей скважин в пределах кустов и соответственно возрастает добыча нефти (рис. 1) [4].

Мы проанализировали усредненные свойства залежей некоторых месторождений (табл. 1).

Нагнетательную скважину опускают питающий электрод – катод, соответственно нагнетательную – анод.

Воздействие электрического поля на нефтяной поток уменьшает интенсивность притока поверхности, тем самым изряженной частицы в потоке вследствие электростатической индукции возникают дополнительные заряды. На частицы со стороны поля будет действовать сила, отклоняющая ее в сторону обводненных частиц и в результате взаимодействия изряженных частиц в потоке.

Энергия, сообщаемая электрическими полями, идет на разрушение связей пространственной структуры нефти, сформированные электрически чувствительные компоненты основной структуры. Что напрямую повышает проницаемость коллектора, соответственно увеличивают нефтеотдачу.

Под действием электродвижущих сил в поровом пространстве пласта возникают электрокинетические и электрохимические процессы, увеличивающие эффективность искусственного воднения.

Таким образом, электрокинетические процессы обуславливают более активное вытеснение нефти водой из

РИС. 2. Схемы питающих электродов: а – анод, б – катод

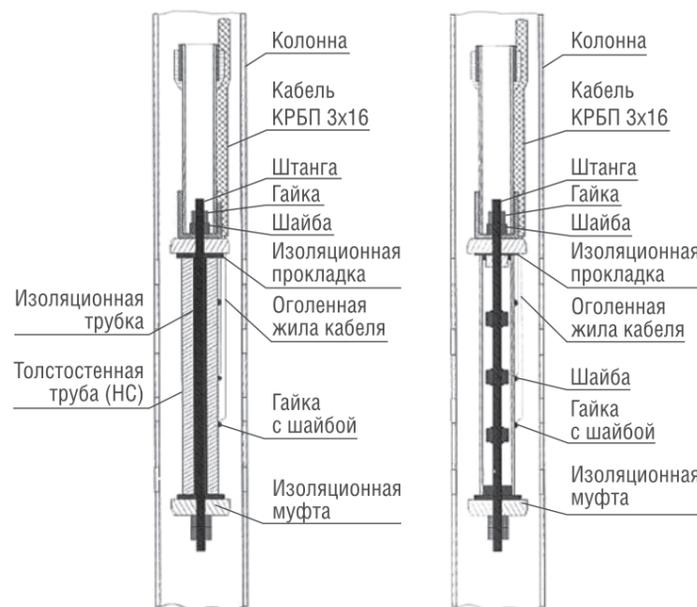
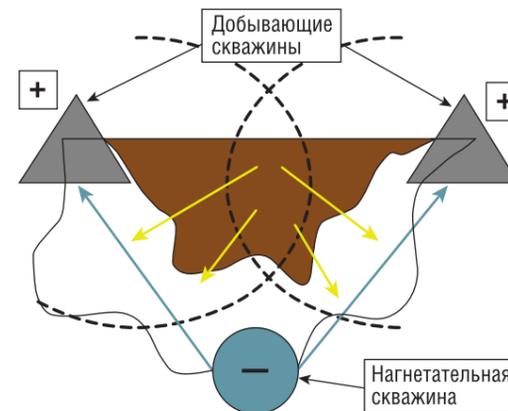


РИС. 3. Схема расположения сетки скважин



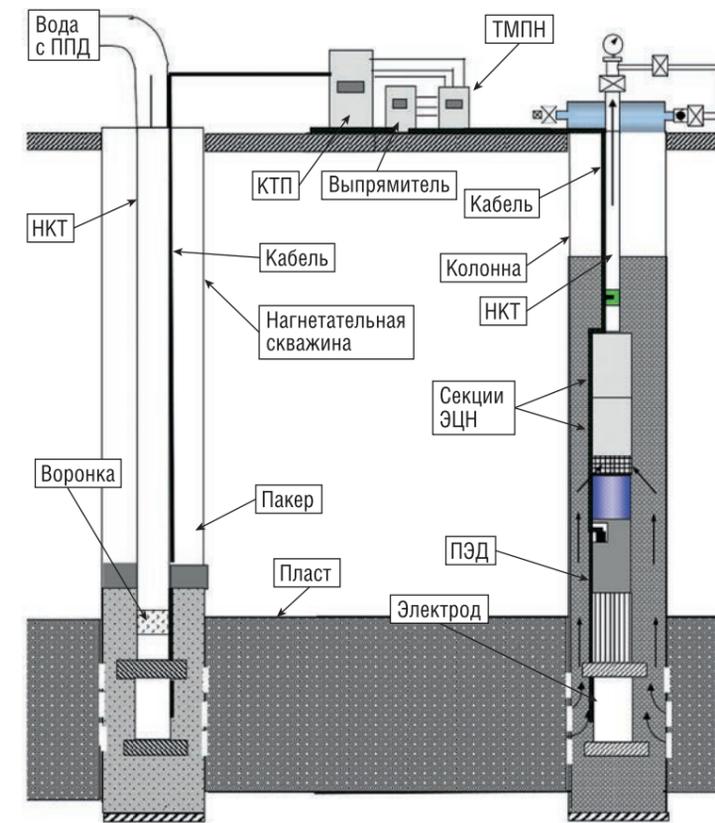
порового пространства, поскольку этому способствует создание вокруг нагнетательной скважины щелочной среды с высокими моющими и нефтewытесняющими свойствами. Под действием приложенных электродвижущих сил дисперсионная среда (вода) будучи положительно заряженной перемещается в направлении к отрицательному полюсу (который создается вокруг нагнетательной скважины), отрицательно заряженные частицы углеводородов дисперсионной фазы движутся к положительному полюсу, то есть к забою добычей скважины (рис. 3).

В результате увеличиваются коэффициент охвата воздействием щелочного раствора обводняющегося неоднородного пласта, значительно уменьшаются обводненность добычей скважин в пределах кустов и соответственно возрастает добыча нефти.

После окончания электровоздействия на пласте обводненность добычей нефти оканчивается значительно сниженной на длительный период времени.

В лабораторных условиях физики филиала Тюменского государственного университета в городе Нижнеуральске был создан установкой для измерения изменения вязкости нефти от различных физических параметров (от теплового воздействия и постоянного тока). Были проведены серии измерений воздействия постоянного тока на изменение вязкости. Опыт показал, что вязкость не зависит от постоянного напряжения. Соответственно, согласно модели

РИС. 4. Схема монтажа электрической установки и электродов



КИН, для предотвращения механизмов, позволяющих повысить нефтеотдачу пластов, полезно рассмотреть физические модели, сводимые к нескольким наиболее важным параметрам, на которые можно измеримо воздействовать физическими полями. Так, КИН можно представить к некоторой операцией от среднестатистических параметров [5]:

$$K = F(p_{пл}, \mu, k_{пр}, T, t) \quad (1)$$

где  $p_{пл}$  – пластовое давление;  $\mu$  – вязкость нефти;  $k_{пр}$  – проницаемость коллектора;  $T$  – температура;  $t$  – время.

Используя данные значения напряженности электрического поля:

$$E = \frac{U_m}{d} = \frac{500}{800} = 0,625 \text{ В/м}, \quad (2)$$

где  $U_m$  – амплитудное напряжение,  $d$  – расстояние между обкладками ротора зборного конденсатора.

Далее рассчитываем плотность тока для жидкого флюида:

$$J = \sigma E \approx 1,1 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}. \quad (3)$$

Исходя из расчетов можно сказать, что при воздействии постоянным током изменяется лишь давление.

Рассмотрим электрические свойства водных растворов в условиях естественного залегания. Наиболее распространены растворы солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ .

Удельное сопротивление этих растворов binного одновалентного электролита записывается выражением:

$$\rho_{в20} = \frac{10}{(U+v)C_B} = \frac{10}{\Lambda C_B} [\text{Ом} \cdot \text{м}], \quad (4)$$

где  $U$  и  $v$  – подвижности катиона и аниона;  $\Lambda$  – эквивалентная электропроводность электролита при  $T = (20^\circ\text{C} \cdot \text{Ом}^{-1}) \cdot \text{см}^2$ ,  $C_B$  – концентрация электролита г-экв/л.

С ростом температуры удельное сопротивление будет меняться так:

$$\rho_{вT} = P_T \rho_{в20} = \frac{\rho_{в20}}{1 + \alpha_T(T - 20^\circ\text{C})}, \quad (5)$$

где  $\alpha_T$  – температурный коэффициент электропроводности.

В случае многокомпонентного состава  $\rho_{в}$  рассчитывается по формуле:

$$\rho_{в} = \frac{10}{\sum_{i=1}^n \Lambda_i C_i}, \quad (6)$$

где  $\Lambda_i$  и  $C_i$  – эквивалентная электропроводность и концентрация

ТАБЛИЦА 1. Усредненные свойства залежей

Наименование	Покмсовское месторождение	Приобское месторождение	Красноленское месторождение	Смотловское месторождение
Пласт	Ю1	АС12	ЮК1	БВ1
Средняя глубина залегания, м	2675	2600	2700	1820
Средняя толщина, м	15,4	21,8	20,0	10,0
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	7,1	12	10	2,6
Проницаемость, мД	38	40	45	43
Начальное пластовое давление, МПа	28,0	25,1	25,5	22,5
Вязкость нефти в пластовых условиях, МПа·с	0,8	1,6	0,5	1,1
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м³	0,83	0,86	0,67	0,9
Обводненность, %	50–80	30	40–50	35–50
Режим залежи	Упруго-водонапорный режим			

ТАБЛИЦА 2. М ксим льные зн чения концентр ций и удельного сопротивления флюидов солей

Р створы солей	Концентр ция, $c_i$	Электропроводность, $\Lambda_i$
KCl	0,003	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,0017	$16 \cdot 10^{-3}$
NaCl	0,0026	$83 \cdot 10^{-3}$
NaOH	0,0026	$32 \cdot 10^{-3}$
BaCO <sub>3</sub>	0,0028	$2,5 \cdot 10^{-3}$

$i$ -го электролит в р створе, содержащем  $n$  электролитов.

Удельное сопротивление уменьшается, токи возрастают, из-з чего выделяется дополнительно тепло, что соответственно приводит к снижению коэффициента вязкости.

Чтобы определить плотность тока мы использовали диоды зон концентрации от минимальной до максимальной и получили следующие данные: концентрация нефти меняется от 0,2 до 0,15, воды от 0,5 до 0,8, газ от 0,3 до 0,05.

Удельное сопротивление нефти мы берем  $3 \cdot 10^{12}$  Ом·м, воды  $10^2$  Ом·м и газ  $10^{14}$  Ом·м:

$$\sigma_{ж.ф.} = \sum_{i=1}^n \Lambda_i c_i = \sum \frac{c_i}{p_i}, \quad (7)$$

где  $c_i$  – концентрация,  $p$  – удельное сопротивление,  $\sigma$  – удельная проводимость.

Для расчета считаем сумму электропроводности данных веществ:

$$\sigma = \frac{c_n}{p_n} + \frac{c_n}{p_n} + \frac{c_r}{p_r} + \frac{c_c}{p_c}. \quad (8)$$

Т.к. удельная проводимость нефти и газ величин очень мала, мы ей пренебрегаем.

Для определения усредненной проводимости р створов солей мы используем данные м ксим льные значения концентрации и удельного сопротивления флюидов солей, входящих в состав нефти (табл. 2). Рассчитываем по данным таблицы значения для р створов солей:

$$\rho_c = \frac{10}{\sum_{i=1}^n \Lambda_i c_i} \approx 25,3 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (9)$$

Соответственно:

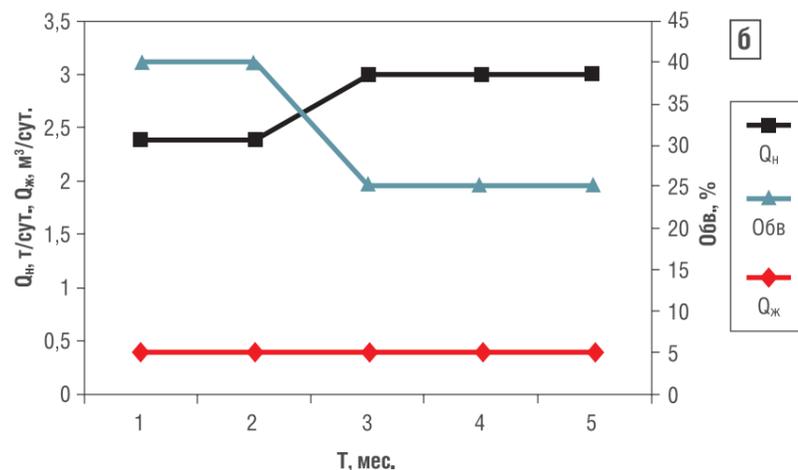
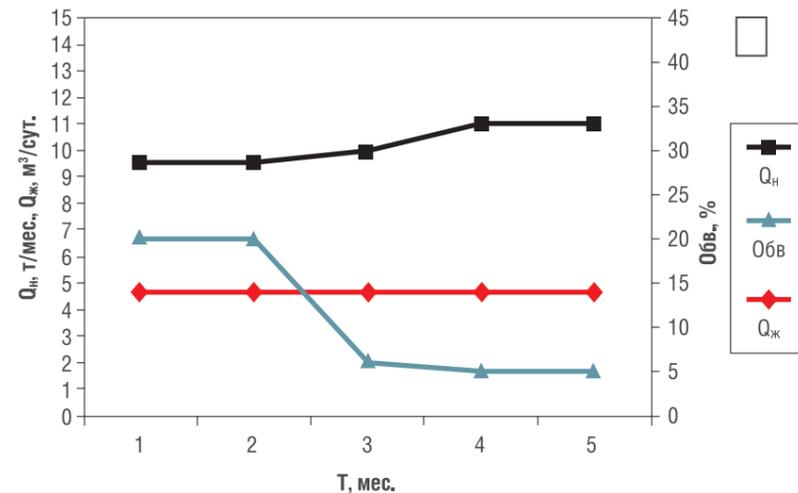
$$\sigma_c = \frac{1}{\rho_c} \approx 39,5 \cdot 10^{-3} \text{ Сим/м}. \quad (10)$$

Также протекание токов проводимости в жидких флюидах приводит к значительному

выделению теплоты (до  $50 \times 10^3$  Дж·сек), что приводит к возрастанию температуры и соответственно уменьшению вязкости нефти.

Выше представлены вычисления для установившегося переменного тока [6]. Соответственно, для рассматриваемого метода увеличение нефтеотдачи будет зависеть только от изменения давления и температуры.

РИС. 5. Прогнозируемое увеличение добычи нефти на скважинах 431 (а) и 480 (б) Покимского месторождения:  $Q_n$  – изменение добычи нефти,  $Q_{обв}$  – изменение обводненности,  $Q_ж$  – изменение добычи жидкости

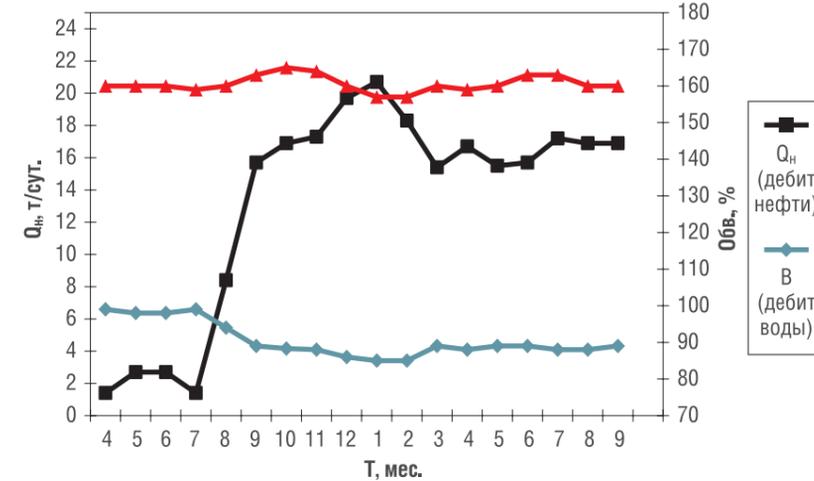


Поданным АО «Славнефть – Мегионнефтегаз», скважины на этом предприятии обладают устойчивым высоким процентом обводненности, значит, подходит к условиям применения данного метода (рис. 3).

Также представлены результаты применения метода электрохимического воздействия на Приобском месторождении, кусте № 1702 (рис. 4).

До применения метода скважина давала 175 м³/сут жидкости (5250 м³/мес.) в том числе 1,5 т/сут (45 т/мес.), при этом процент обводненности составлял 98%. После применения электрического поля скважина дала в 12 раз больше нефти за счет уменьшения обводненности, которая снизилась с 98 до 85%. После отключения напряжения дебит нефти, при этом около 18–19 т/сут, (550 т/мес.) сохранился длительное время [7].

РИС. 6. Изменение дебит нефти и обводненности скв. 1702 Приобского месторождения при воздействии на пласт постоянным электрическим полем



В ходе работы был рассмотрен экономическая целесообразность данного метода.

Дополнительная добыча от проведения мероприятия считается следующим образом:

$$\Delta Q_t = \Delta q \cdot T_k \cdot K_{экс} \cdot N_{скв} \cdot k_{пл}^t, \quad (11)$$

где  $\Delta q$  – прирост дебит в сутки, т/сут;

$T_k$  – количество календарных дней в периоде, сут;

$K_{экс}$  – коэффициент эксплуатации;

$N_{скв}$  – количество скважин;

$k_{пл}^t$  – коэффициент периода добычи.

$$\Delta Q_t = 6 \cdot 91 \cdot 0,95 \cdot 5 \cdot 0,8 = 2075 \text{ т.}$$

Затраты на оборудование:

- Изготовление питающих скважинных электродов – 43 500 руб.
- Выпрямители постоянного тока (3 шт.) – 15 000 руб.
- Трансформатор типа ТМГ 1250/10(6) – 739 320 руб.
- Кабель типа КПБП-3\*16 – 5 029 920 руб.
- ПРС (подземный ремонт скважины) – 2 610 000 руб.

Также учтем затраты на электроэнергию (в месяц) – 153 619 руб.

Итого: 8 591 359 руб.

### Выводы

Данная технология показала положительные результаты в ходе опытно-промышленных испытаний на предприятиях «ЛУКОЙЛ-Зпадня Сибирь»,

АО «Славнефть-Мегионнефтегаз», АО «Славнефть-Мегионнефтегаз» и исходя из проведенных исследований можно прогнозировать ожидаемое уменьшение обводненности минимум на 5–15%. При помощи рассмотренного метода можно значительно увеличить добычу нефти всего обводняющегося месторождения за счет снижения обводненности жидкости. Для этого необходимо использовать дополнительные питающие электроды на каждом кусте скважин на уровне пласта и в течение трех месяцев периодически в зависимости от продолжительности сохранения достигнутого экономического эффекта проводить электрообработку пласта.

Доход от реализации дополнительно добытой нефти в результате проведения работ составил 19 945 692 руб./3 месяца. Экономический эффект (чистая прибыль) – 5 795 608 руб./3 месяца.

Капитальные затраты – 8 591 359 руб.

Срок окупаемости капитальных вложений – 9 месяцев.

### Литература

1. Герасимов А.В. Технология и техника добычи природных углеводородов / В.И. Павлюченко, В.В. Чеботарев, Г.А. Шамаев. – Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. – 299 с. ISBN 5-7831-0345-4.
2. Пат. № 2208146. Российская Федерация. МПК E21B 43/25. Способ повышения проницаемости призабойной зоны нефтеносного пласта / Кадет В.В.; Патентообладатель Васнева Г.И. – 2002116154/03; заявл., 21.06.2002; опубл. 10.07.2003. Бюл. № 19.
3. Пат. № 2208146. Российская Федерация. МПК E21B 43/28. Способ изменения проницаемости горной массы при подземном выщелачивании / Абдулманов И.Г., Попов Е.А., Селяков В.И., Солодилов Л.Н.; Патентообладатель Абдулманов И.Г. – 2089727; заявл., 21.05.1976. опубл. 10.08.1978 Бюл. № 1.
4. Хайруллин А.А., Анискин В.В. Электрохимическое воздействие на пласт и призабойную зону скважин // Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии – нефтегазовому региону» – Тюмень, 2015. – С. 208–210.
5. Косьянов П.М. Модель определения и повышения КИН проблемы и пути их решения // XVII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков «Инновационные процессы в науке и технике XXI века» – Тюмень, 2019. – С. 8–13.
6. Худайбердиев А.Т. Применение электромагнитных полей для повышения эффективности нефтедобычи // XVII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков «Инновационные процессы в науке и технике XXI века» – Тюмень, 2019. – С. 182–187.
7. Печенкин Н.В., Воробьев Е.А., Полищук С.Т. Электрохимическое воздействие на пласт и призабойную зону скважин // IV городской научно-практической конференции обучающихся ВО, аспирантов и ученых «Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития ТЭК Западной Сибири» – Тюмень, 2014. – С. 142–156.

KEYWORDS: *methods of increasing oil recovery, water cut, Samotlorskoye field, electrode, current.*

# «ЗЕЛЕНАЯ» МОДЕРНИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОХИМИИ

**Зворыкин Юлия Викторовна**

Московский государственный институт (Университет)  
международных отношений Министерства иностранных дел  
Российской Федерации,  
профессор кафедры «Внешнеэкономическая деятельность  
в области транспорта энергоресурсов»,  
д.э.н.

**Павлов Олег Александрович**

Московский государственный институт (Университет)  
международных отношений Министерства иностранных дел  
Российской Федерации,  
магистр

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕХИМИИ, КАК КЛЮЧЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭКСПОРТА РОССИИ, В СВЯЗИ СО СНИЖЕНИЕМ СПРОСА НА НЕФТЬ И ПОВЫШЕННЫМ ВНИМАНИЕМ СО СТОРОНЫ МНОГИХ ГОСУДАРСТВ К ВОПРОСАМ ЭКОЛОГИИ. НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ РАЗВИТЫХ И РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН СТОИТ ВОПРОС ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ, И БОЛЬШИНСТВО ОТРАСЛЕЙ ПОДВЕРЖЕНЫ НЕОБХОДИМОСТИ «ЗЕЛеной» МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ. В СВЯЗИ С ЭТИМ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКАЯ ОТРАСЛЬ МОЖЕТ СТАТЬ ОДНИМ ИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ, ПОСКОЛЬКУ ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ НЕФТЕХИМИИ ОСТАВЛЯЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШИЙ УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД ПО СРАВНЕНИЮ С ПРОИЗВОДСТВОМ СТАЛИ ИЛИ АЛЮМИНИЯ. ОДНАКО В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ДАННАЯ ОТРАСЛЬ СТАЛКИВАЕТСЯ С РЯДОМ БАРЬЕРОВ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО СВОЕВРЕМЕННО ПРЕОДОЛЕТЬ С ЦЕЛЬЮ ПРИВЛЕЧЕНИЯ «ЗЕЛЕНых» ИНВЕСТИЦИЙ И РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО РЫНКА

THE ARTICLE EMPHASIZES THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PETROCHEMICAL PRODUCTS AS A KEY COMPONENT OF RUSSIAN EXPORTS IN CONNECTION WITH A DECREASE IN DEMAND FOR OIL AND INCREASED WORLD ATTENTION TO ENVIRONMENTAL ISSUES. ACHIEVING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IS ON THE AGENDA OF DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRIES AND MOST SECTORS ARE SUBJECT TO THE NEED FOR GREEN MODERNIZATION OF THE ECONOMY. IN THIS REGARD, THE PETROCHEMICAL INDUSTRY CAN BECOME ONE OF THE WAYS TO SOLVE THIS PROBLEM SINCE THE PRODUCTION OF PETROCHEMICAL PRODUCTS LEAVES A SIGNIFICANTLY LOWER CARBON FOOTPRINT COMPARED TO THE PRODUCTION OF STEEL OR ALUMINUM. HOWEVER AT PRESENT THIS INDUSTRY IS FACING A NUMBER OF BARRIERS THAT MUST BE OVERCOME IN A TIMELY MANNER IN ORDER TO ATTRACT "GREEN" INVESTMENTS AND DEVELOP THE NATIONAL MARKET

Ключевые слова: нефтегазохимическая отрасль, экология, «зеленая» экономика, нефть, цели устойчивого развития.

Закрепленные в рамках Новой повестки дня в 2015 году 17 целей устойчивого развития (далее – ЦУР) ООН в настоящее время стали ключевой частью миссии системы развития и индикаторов, имплементированных в законотельство большинства развитых и развивающихся стран. НСМмিতে по ЦУР в сентябре 2019 года было провозглашено 10-летнее десятилетие действий, поскольку в ряде случаев, целевые показатели, установленные в 2015 г., еще далеки от реальности и требуют всестороннего внимания и призыва к действию для их достижения к 2030 г.

Согласно мнению международных экспертов, главная концепция будущего в XXI веке состоит в устойчивом развитии, что нашло свое отражение в ряде стратегических документов ООН:

- «Будущее, которого мы хотим» (2012 г.) определяет перспективы человечества в XXI веке на основе концепции устойчивого развития, основой которого должны стать «зеленая» экономика;
- «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (2015 г.);
- Парижское климатическое соглашение (2015 г.), определяющее приоритеты борьбы с климатической угрозой в мире и во всех странах до 2030–2050 годов.

Анализируя, следует отметить, что в указанных документах ООН сочетаются как концептуальные приоритеты, так и конкретные цели, стоящие перед странами и народами. Документы снабжены количественными индикаторами и набором мероприятий, позволяющими лидерам государств и их правительствам планировать свои действия, направленные на выполнение выработанных решений.

В настоящее время глобальные тенденции устойчивого развития, в первую очередь в вопросах

## ФАКТЫ

# 42%

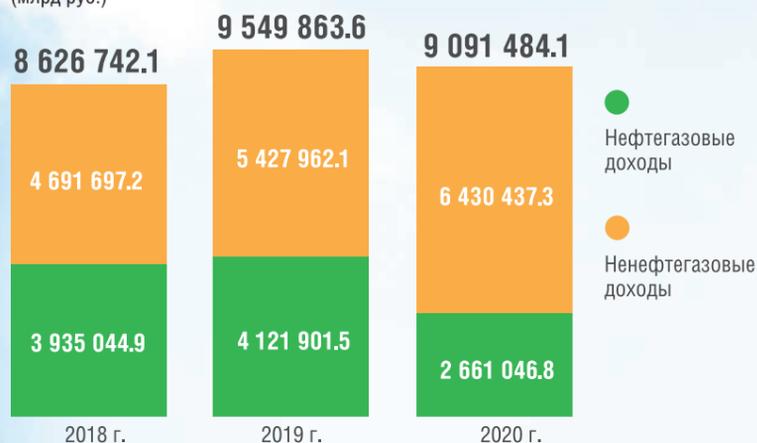
составляет доля  
российского  
экспорта  
в страны ЕС

экологии, выходят все больше на первый план в повестке дня управленческих решений многих стран, международных организаций и институтов развития, что оказывает влияние на сырьевые рынки, как следствие, и на инвестиционную деятельность в этой сфере. Лидеры стран ЕС разработали специальный проект «Европейский зеленый курс»<sup>1</sup>, направленный на борьбу с изменением климата и улучшение экологической обстановки. В 2020 г. Еврокомиссия нашла вплотную рассмотреть вопрос введения в ближайшее время трансграничного углеродного налога, который должны будут выплачивать производители из каждой тонны углекислого газа. Действенные меры со стороны ЕС могут негативно сказаться на многих странах-экспортерах, и в первую очередь на России, у которой доля экспорта в страны ЕС составляет порядка 42%, поэтому энергокомпаниям всего мира должны переосмыслить свои планы.

Кроме того, глобальный экономический кризис спровоцировал многие международные

<sup>1</sup> A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).

РИС. 1. Динамика и структура доходов федерального бюджета в 2018–2020 году (млрд руб.)



Источник: Оперативный доклад об исполнении федерального бюджета и бюджетов государственных внебюджетных фондов, с. 6

организации и корпорации пересмотреть подходы к проекту развития. Согласно октябрьскому прогнозу Межгосударственного лютого фонда, в 2020 году мировой экономика сократится на 4,4% с последующим восстановительным ростом на 5,2% в 2021 году<sup>2</sup>. В результате многие лица, принимающие решения, также организации выступили с призывом к правительствам включить Повестку устойчивого развития и поддержку «зеленого» сектора экономики в национальные антикризисные программы. Это началось и в российском антикризисном плане. Зеленый курс России представляет собой прочную программу долгосрочного развития страны на период до 2050 года, нацеленную на координацию усилий по противодействию изменению климата и охране окружающей среды.<sup>3</sup>

Весной 2020 года Римский клуб на фоне усиления вирусного производства новленности экономика за счет инвестирования именно в зеленую энергетику, восстановление лесов, также в циклическую и низкоуглеродную экономику. Министры стран ЕС по вопросам климата и окружающей среды в преле обратились к Европейской комиссии с требованием интегрировать «зеленый» переход и цифровую трансформацию в антикризисные меры. Вопрос о «зеленой» модернизации для экономики России звучит не столь однозначно. Если исходить из гипотезы, что мировой спрос на нефть будет снижаться<sup>4</sup>, то потребуются своевременный переход сектора на новые рельсы, например за счет развития нефтегазовых компаний. Согласно данным Счетной палаты Российской Федерации, по итогам первого полугодия 2020 года доля нефтегазовых доходов в бюджете страны впервые составила меньше половины – 29,3% (рис. 1)<sup>5</sup>.

Мнения экспертов относительно перспектив спроса на нефть расходятся. Так, по словам Михаила Крутихина, специлист по нефтегазовому рынку, пик спроса на нефть в России прошел еще в 2019 г., и в ближайшее время спрос сократится из-за пандемии

и замедления экономической активности, в результате чего в перспективе в 2022 г. можно ожидать положительной динамики, однако с тем не менее нет отрицательной, и прежних показателей спрос на нефть уже не будет. Подобные прогнозы могут сбыться в силу развития электромобилей, повышения энергоэффективности, энергосбережения и перехода страны на другие виды топлива. В частности, произойдет сокращение в использовании нефти для моторного топлива в пользу переработки в нефтегазовую химическую продукцию, которая имеет перспективу для развития сырьевых рынков и одной из основных составляющих экспорта России.

Кроме того, Анатолий Чубайс в одном из своих выступлений отметил, что в ближайшее десятилетие будет достигнут пик потребления угля, в 2030-е годы – пик потребления нефти и в 2040-е – газ, но будет увеличиваться спрос на возобновляемые источники энергии, позволяющие снизить трансграничный углеродный налог для экспортеров, вероятность введения которого в ближайшее время очень высока.

В настоящее время в России реализуется 14 нефтегазовых проектов, тем не менее нефтехимический комплекс нуждается в активном продвижении, в первую очередь на национальном рынке с целью

повышения своей эффективности и объемов производства. Для этого, по словам президента В.В. Путина, отрасли должны быть реализованы масштабные проекты с суммарным объемом инвестиций примерно в 5 трлн рублей. Реализация двух крупнейших из них – комплекс по переработке этанола в Ленинградской области и Амурского ГПЗ – обеспечится при поддержке ВЭБ.РФ.

Важно отметить, что в отрасли прослеживается некоторое отставание от потенциальных конкурентов, поэтому необходимо разработать нормативно-правовое регулирование, которое повысит инвестиционную привлекательность нефтегазового сектора и позволит ее реализовать, преодолевая существующие барьеры.

В части изменений в нормативно-правовой базе уже предприняты меры. В июле 2020 года правительством Российской Федерации был внесен проект ФЗ «О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации (в части введения оборотного кциза на этанол, сжиженные углеводородные газы и инвестиционного коэффициента, применяемого при определении размера оборотного кциза на нефтяное сырье)». Таким образом, из содержания Федерального Закона можно сделать вывод о том, что его положения направлены на развитие нефтегазового комплекса России за счет налогового стимулирования в отношении сжиженных углеводородных газов и переработки этанола. Также закон предусматривает возможность применения дополнительного инвестиционного коэффициента, увеличивающего размер «оборотного кциза» на нефтяное сырье при строительстве новых объектов вторичной переработки. Закон был подписан 19 октября 2020 г., что позволило установить оборотный кциз на этилированные углеводородные газы в обмен на инвестиции в развитие производства по их переработке в продукты нефтегазовой химии. Оборотный кциз установлен в размере 9000 руб. на каждую тонну этанола, произведенного в нефтехимическом производстве, 4,5 тысячи рублей за тонну сжиженного углеводородного газа, использованного в нефтегазовой химии, и выданы под минимальные инвестиционные обязательства в размере от 65 до 110 миллионов рублей для различных групп товаров<sup>6</sup>, что компенсирует высокую стоимость реализации национальных нефтегазовых проектов относительно стран-конкурентов, доходность которых позволяет привлечь дополнительные инвестиции.

Кроме того, успех реализации проектов зависит от эффективности строительства объектов нефтегазовой химии, оптимальных сроков и стоимости работ. С учетом этого сейчас происходит отмена устаревших строительных предписаний и регламентов и упрощение с нормативных и требований наряду с проведением стимулирующих мер по внедрению передовых строительных материалов и цифровых технологий.

За счет того, что системное регулирование осуществляется созданием и эксплуатацией оптимизированных промышленных объектов, она является сложной и со временем наполняется множеством мер и предписаний, которые могут дублироваться или противоречить друг другу, в связи с чем необходимо своевременно оптимизировать действующую систему правового регулирования. В настоящее время обсуждается перспектива отмены порядка 10% требований, которые не являются инвестиционным климатическими отраслями. Кроме того, в последние годы усилиями правительства и бизнеса удалось запустить процесс перехода от предписывающего к целевому влияющему регулированию, которое дает возможность отступить от норм и правил при наличии технических решений, обеспечивающих достижение допустимого уровня риска, так называемый риск-ориентированный подход. Благодаря данному подходу становится возможным применение современных технологий и оборудования наряду с обеспечением высокого уровня безопасности объектов.

В июле 2020 г. вступил в силу Федеральный закон «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации»<sup>7</sup>, устанавливающий преференции для резидентов территории. Статус резидентом может получить любая зарегистрированная в Арктике предпринимательская компания, которая готова реализовать новый инвестиционный проект и вложить не менее 1 млн рублей. В июле также завершился конкурс на выплату 6 за явленным проектам

**ФАКТЫ**

На **4,4%**

сократился мировой экономика в 2020 году, восстановительный рост в 2021 году составил 5,2%

<sup>2</sup> World Economic Outlook, October 2020: A Long and Difficult Ascent. Chapter 1: Global Prospects and Policies Global Prospects and Policies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020>.

<sup>3</sup> Зеленый курс России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/09/GC\\_A4\\_006.pdf](https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/09/GC_A4_006.pdf) (дата обращения 23.12.2020).

<sup>4</sup> Экспорт российской нефти за первые 9 месяцев 2020 г. сократился на 10% (Источник: Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://customs.gov.ru/statistic/%D0%AF%D0%BD%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C%20-%20%D0%BC%D0%B0%D0%B9%202018> (дата обращения 05.12.2020).

<sup>5</sup> Оперативный доклад за I полугодие 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ach.gov.ru/audit/6-mon-2020> (дата обращения 05.12.2020).

**ФАКТЫ**

С 1 января

**2022 г.**

установлен вливающийся оборотный кциз в размере 9000 руб. на каждую тонну этанола, произведенного в нефтехимическом производстве; 4,5 тыс. руб за тонну СУГ, использованного в нефтегазовых компаниях

<sup>6</sup> Правительство Российской Федерации поддержало введение обратных акцизов на переработку этанола и сжиженного углеводородного газа в продукцию нефтегазовых компаний, а также инвестиционного коэффициента для новых установок глубокой переработки нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/18274> (дата обращения 23.12.2020).

<sup>7</sup> Федеральный закон от 13 июля 2020 г. № 193-ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации».



субсидий в размере до 20% от ре-лиз ции инвестиционного проекта на строительство объектов инфра-структуры.<sup>8</sup>

Помимо совершенствования правового регулирования и стимулирования повышения инвестиционного климата, эффективность нефтегазохимической отрасли может быть повышена за счет применения новых цифровых технологий при проектировании и в строительстве. В первую очередь это BIM-технологии, позволяющие моделировать проектирование химических мощностей, однако существуют определенные барьеры на пути использования этих технологий. Основная проблема состоит в том, что эта сфера регулирования является новой, требуется легитимизация возможности их применения. Системы стандартизации и сертификации уже давно стали инструментом конкурентной борьбы в мире рынков поставки материалов и оборудования.

В ходе реализации проектов нефтегазохимии зачастую применяются зарубежные технологии, которые в свою очередь опираются на требования к зарубежным стандартам (API, ASTM, ASME), в результате чего для российской стороны возникает ограничение в поставках объектов нефтегазохимии. Российские производители не только не имеют возможности принимать участие в работе и утверждении новых стандартов, но и сталкиваются с проблемой прохождения сертификации своей продукции в соответствии с данными стандартами. Например, американское общество по испытанию материалов (ASTM) задает требования к материалам, из которых нужно изготавливать оборудование, при этом стандарты, произведенные в России в соответствии с ГОСТом, не учитываются в ASTM, поэтому возможности применения стандартов отечественных металлургов затруднены, и нередко российские производители оборудования вынуждены закупать стандарты с рубежом.

Кроме того, необходимо совершенствовать регулирование в отношении использования объектов нефтегазохимии для магистральных нефтепроводов и иных линейных объектов нефтегазового комплекса. В настоящее время действуют строительные нормы и правила (СНиП) по использованию полиэтиленовых труб и в коммунальной сфере, и в целом, но, к сожалению, у нас нет СНиП по использованию полимерных решений для добычи нефти и газа и при строительстве нефтепромысловых нефтепроводов. Модернизация транспортного парка также требует привлечения дополнительного финансирования, поскольку нецелесообразно рассчитывать исключительно на бюджетные ресурсы или собственные средства компаний, так как это требует колоссальных затрат. В связи с чем можно было бы использовать зеленые источники: «зеленые» облигации, «зеленый» лизинг и «зеленое» страхование, которые позволяют не только привлечь необходимые финансовые средства, но и решить стоящие перед государством вопросы по реализации целей устойчивого развития в части экологии. Мировой рынок «зеленых» облигаций в настоящее время очень востребован и за последние 5 лет увеличился в 20 раз, в 2019 году было выпущено облигаций на сумму 265,4 млрд долл.<sup>9</sup>

Еще одним дополнительным механизмом привлечения инвестиций может стать инфраструктурная ипотека, позволяющая привлечь средства частных инвесторов. Впервые о данном механизме зашла речь в 2017 г., и предполагалось, что объект инфраструктуры будет покупаться за счет кредитования от частных инвесторов, пользователи объекта должны постепенно погасить данный

<sup>8</sup> Предоставление субсидии из Федерального бюджета на осуществление капитальных вложений в объекты инфраструктуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://investarctic.com/subsidies.php#> дата обращения 23.12.2020.

<sup>9</sup> Climate Bonds Initiative [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.climatebonds.net/> (дата обращения 05.12.2020).

кредит. Согласно мнению экспертов, потребуется порядка 57 миллиардов долларов на период до 2030 г.<sup>10</sup> для поддержания транспортного, энергетического и иных основных секторов инфраструктуры. Очевидно, что средства, выделяемые из государственного бюджета, не достаточны и потребуются дополнительные финансовые средства, с учетом того что объекты инфраструктуры энергетического сектора весьма затратные. Более того, для развития Арктического региона также требуется финансирование и инфраструктурная ипотека, которая пока не имела успеха, но может стать эффективным механизмом пути привлечения средств для создания инфраструктуры и развития нефтегазохимического сектора.

В отношении сферы нефтегазохимии также целесообразно ввести налоговый вычет по НДС на углеводороды и расширить прозрачности соглашений о защите и поощрении капиталовложений с целью стимулирования реализации проектов по развитию экспорта, объектов инфраструктуры, цифровизации и технологического развития. Подобного рода соглашения обеспечивают неизменность для инвесторов условий реализации проектов.<sup>11</sup> В декабре 2020 г. были подписаны первые 9 типовых пилотных соглашений, один из которых предусматривает репрофилирование нефтяного терминала в завод по производству металлов.<sup>12</sup>

Подводя итог, необходимо отметить, что нефтегазохимическая отрасль способна обеспечить прирост инвестиций, создание новых рабочих мест и повышение несырьевого экспорта. Применение полимерных материалов широко востребовано во многих отраслях, их использование открывает новые серьезные широкие возможности, позволяющие снизить производственные и эксплуатационные издержки за счет более долгого срока службы полимерной продукции. Развитие нефтегазохимического рынка обусловлено не только тенденцией в снижении спроса на нефть, которая по мнению многих экспертов будет сохраняться, но и необходимостью производства экологичных материалов, поскольку уже в настоящее время меры, направленные на улучшение экологической ситуации в мире, будут только ужесточаться, поэтому необходимость соблюдения экологических стандартов становится одним из главных факторов конкурентоспособности продукции.

В настоящее время антикризисные программы России и основные стратегические документы содержат механизмы, направленные на рост и сохранение позиций отраслей, которые получили историческое развитие в стране. Однако уже сейчас с многими экспертами отмечаются снижение спроса на нефть, уголь и газ уже в ближайшие десятилетия, поэтому важно своевременно перейти на новые рельсы и не отстать от ряда других стран. Особенно с учетом того, что введение транспортного

## ФАКТЫ

В 20 раз

увеличился мировой рынок «зеленых» облигаций за последние 5 лет

углеродного налога со стороны ЕС может сильно подорвать существенную часть бизнес-России. Упор на развитие исключительно нефтегазового сектора в период мирового энергетического перехода и активного развития зеленых отраслей создает угрозы национальной и экономической безопасности страны. Учитывая это, Россия должна в кратчайший срок взять на себя ответственность по снижению объемов выбросов парниковых газов через трансформацию своей экономической системы, также усилить развитие несырьевых (прежде всего, зеленых) секторов экономики. Необходимы срочные изменения в энергетическом секторе, заключающиеся в ускоренном переходе на «чистую» энергетику, которая в частности может основываться на развитии нефтегазохимической отрасли, с учетом ее высоких темпов роста и спросов.

## Литература

1. Цели устойчивого развития ООН и Россия под редакцией С.Н. Бобылева, Л.М. Григорьева, 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/11068.pdf> (дата обращения 05.12.2020)
2. Официальный сайт ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения 05.12.2020)
3. Экспорт российской нефти за первые 9 месяцев 2020 г. сократился на 10% (Источник: Федеральная таможенная служба (дата обращения 05.12.2020))
4. Оперативный доклад за I полугодие 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ach.gov.ru/audit/6-mon-2020> (дата обращения 05.12.2020)
5. World Economic Outlook, October 2020: A Long and Difficult Ascent [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020> (дата обращения 05.12.2020).

KEYWORDS: *petrochemical industry, ecology, "green" economy, oil, sustainable development goals.*

<sup>10</sup> Новый механизм: что уже известно об инфраструктурной ипотеке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/375281> (дата обращения 05.12.2020).

<sup>11</sup> Федеральный закон от 1 апреля 2020 г. № 69-ФЗ «О защите и поощрении капиталовложений в Российской Федерации».

<sup>12</sup> Подписаны первые 9 СПК на 135,7 млрд рублей инвестиций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.economy.gov.ru/material/news/podpisany\\_pervye\\_9\\_szp\\_k\\_na\\_1357\\_mlr\\_d\\_rubley\\_investitsiy.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/podpisany_pervye_9_szp_k_na_1357_mlr_d_rubley_investitsiy.html) (дата обращения 05.12.2020).

# ОБЗОР НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ



ЗА СРАВНИТЕЛЬНО КОРОТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ПЕРИОД НЕФТЕГАЗОВЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ЗАНЯЛ ПРОЧНЫЕ ПОЗИЦИИ ПРАКТИЧЕСКИ НА ВСЕХ КОНТИНЕНТАХ, ОН СОСТАВЛЯЕТ ДО 10% В СТРУКТУРЕ ЭКОНОМИКЕ МНОГИХ СТРАН. НЕФТЕГАЗОХИМИЯ ЯВЛЯЕТСЯ СВЯЗУЮЩИМ ЗВЕНОМ МЕЖДУ НЕФТЕГАЗОВЫМ КОМПЛЕКСОМ И ДРУГИМИ ОТРАСЛЯМИ: ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ, МАШИНОСТРОЕНИЕМ, АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СФЕРОЙ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯМИ И ДР. В СТАТЬЕ ПРИВОДИТСЯ ОБЗОР ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОТРАСЛИ В РОССИИ И МИРЕ, ПЛАНЫ РАЗВИТИЯ И ТРЕНДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СЫРЬЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И СПРОСА НА ПРОДУКЦИЮ, А ТАКЖЕ ДАНА КРАТКАЯ СВОДКА КЛЮЧЕВЫХ ПРОЕКТОВ В НЕФТЕ- И ГАЗОХИМИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ В СТРАНЕ

*WITHIN SHORT PERIOD OF THE HISTORY OF THE OIL AND GAS THE CHEMICAL COMPLEX HAS WON STABLE LEADING POSITIONS PRACTICALLY IN ALL REGIONS OF THE WORLD, CONTRIBUTING TO 10% OF REVENUES IN MANY COUNTRIES. PETROCHEMICALS AND GAS CHEMICALS LINK OIL AND GAS COMPLEX TO OTHER INDUSTRIES: PROCESSING AND MANUFACTURING, EQUIPMENT AND MACHINERY CONSTRUCTION, AEROSPACE, TELECOMMUNICATIONS, ETC. THE ARTICLE PROVIDES AN OVERVIEW OF THE CURRENT STATE OF THE INDUSTRY IN RUSSIA AND WORLDWIDE, DEVELOPMENT PLANS AND TRENDS IN TERMS OF RAW MATERIALS, TECHNOLOGIES AND PRODUCT DEMAND, AS WELL AS A BRIEF SUMMARY OF KEY PROJECTS IN CHEMISTRY AND GAS PROCESSING IN THE COUNTRY*

Ключевые слова: нефтехимия, газохимия, полимеры, полиэтилен, метанол, метанол, метанол.

**Климент Александрович**  
**Екатерина Андреевна**  
 директор по консалтингу,  
 Euro Petroleum Consultants

**Сухов Ирин Ивновна**  
 менеджер,  
 Euro Petroleum Consultants

В общей сумме доходов компаний Exxon Mobil, BP, Royal Dutch Shell, Total, Chevron-Texaco, Conoco Phillips и других, на долю химии приходится более 10%, прибыль у ряда крупнейших нефтехимических компаний составляет более 5 млрд долл. в год, количество рабочих мест может превышать сотни тысяч. В целом, не менее половины всей продукции нефтегазовой химии производится нефтегазовыми компаниями.

Объем химического рынка удвоится до 2030 года по сравнению с 2016 годом и превысит 6,3 трлн евро, открывая огромные возможности для стран-производителей, только в Китае приходится 44% мировой доли, Европе – 15% (столько же – Северная Америка). В 2018 году Европа стала вторым крупнейшим производителем химической продукции в мире, объем производства в денежном выражении приблизился к 550 млрд евро.

Ключевыми факторами конкурентоспособности нефтегазовых химических предприятий в мире по-прежнему остаются низкие цены на сырье для нефтегазовых переработки, стоимость логистики готовой продукции, а также низкие удельные капитальные затраты при строительстве новых и расширении действующих производств.

Около 9% всех заявленных в 2018–2019 годах проектов должны были быть реализованы в 3-й декаде Европы, еще 8% – в Восточной Азии и СНГ, что составило ~20% от общего объема инвестиций в нефтехимические проекты за этот период.

«Черные лебеди» нарушили тенденции, начавшиеся в 2019 году, что привело к неравномерному росту спроса и предложения на рынке:

- Глобальные мощности могут увеличиться на ~40–50% до более чем 2 млрд т в год к 2027 году.
- Более 1300 запланированных и объявленных капитальных затрат в основном в Азии и на Ближнем Востоке.
- 2020 год > 4 млн т дополнительных объемов только в Китае.

УДК 665.71

ТАБЛИЦА 1. Чувствительность спроса к росту экономики в долгосрочном периоде

Продукт	Рост спроса
Этилен	1,5*темпы роста ВВП + 0,5*темпы роста внутреннего спроса (ВВП)
Пропилен	2*ВВП
Бензол	1*ВВП
Ксилол	1,5*ВВП
Полиэтилен низкого давления	1,5*ВВП
Полиэтилен низкой плотности	2*ВВП
Полипропилен	1,5*ВВП

- Спрос растет в Азии и на Ближнем Востоке, но существует предел для роста.
- Европейские производители теряют свои рыночные позиции.
- Повышение эффективности процессов.
- Спрос на экологически чистые продукты с высокой добавленной стоимостью.
- Возможности для обеспечения местных рынков специализированной продукцией.
- Инвестиции в НИОКР помогут в достижении стратегических целей.

Одним из важнейших факторов, влияющих на rent-бельность, является себестоимость продукции. Сравнение для производителей среднего и крупного производства полиэтилена (ПЭ) и логистику в Китае до кризиса, мы пришли к выводу, что лучший уровень себестоимости по-прежнему у стран Ближнего Востока (особенно Саудовской Аравии) и США – при средней цене на ПЭ в Китае 1450 долл/тонна может достигать 800–1000 долл/тонна.

Во-первых, они выигрывают за счет более дешевого и доступного этана, структура затрат на транспортировку, сырье и затраты на переработку (CAPEX и OPEX) снижены. Европа в этом отношении не ходит в менее благоприятном положении среди производителей (затраты на переработку 1350 долл/тонна), вынужден тратить ~80% от общих затрат на нефть, что оставляет мало резервов для прибыли и гибкости цен на продукцию.

После того, как было объявлено о заключении сделки ОПЕК+ в 2020 году, Россия, наряду с другими странами, провела переоценку своих капитальных затрат на разведку и добычу. Объявленное

крупное глобальное сокращение инвестиций составило более 32 миллиардов долларов.

Сектор переработки и сбыта стал относительно устойчивым в период кризиса в сравнении с разведкой и добычей – многие заводы весной 2020 года сократили производство, но с тех пор работают на нормальных мощностях, генерируя рекордную прибыль, несмотря на негативные прогнозы в ближайшие годы.

Тем не менее основные причины, по которым российские компании стремятся диверсифицировать свою деятельность в сфере переработки и сбыта: сокращение запасов нефти и газа и снижение добычи, экспортная политика, успешные примеры крупных нефтеперерабатывающих и нефтехимических кластеров, работающих на Ближнем Востоке и в Азии, поставщиков высококачественную продукцию, быстрый растущий спрос на пластмассы и другую химическую продукцию в мировом масштабе. В январе текущего года

премьер-министр РФ объявил о стратегической важности наращивания темпов развития нефтегазово-химической отрасли, в т.ч. с точки зрения масштабов производства и экспорта.

В тех регионах, как Ближний Восток или Россия, происходят процессы консолидации и интеграции, слияния и поглощения, рынок нефтегазово-химической отрасли новится олигополистическим. В России для успешного развития нефтегазово-химической отрасли необходимо решить одну из ключевых структурных проблем – устранить дефицит мощностей по производству мономеров (прежде всего пиролиз). С одной стороны, в России имеется избыток нефтегазово-химического сырья, который будет продолжаться увеличиваясь до 2030 года. С другой стороны, существует потенциал значительного увеличения спроса на нефтегазово-химическую продукцию, сырьем для которой является процесс пиролиза. Считается, что Россия имеет хорошие перспективы для развития производства основных крупнотоннажных продуктов нефтегазовой химии – пластмасс, красителей, продуктов органического синтеза – как за счет увеличения внутреннего потребления путем выхода на среднемировой уровень и импорта, так и за счет расширения экспортного потенциала в ключевые для России регионы – Европу и Китай.

В связи с отмечаемым профицитом базовых полимеров, который будет усиливаться по мере ввода мощностей на ключевых

РИС. 1. Потенциал – потребление полимеров на душу населения – оценка (2019), кг/чел.

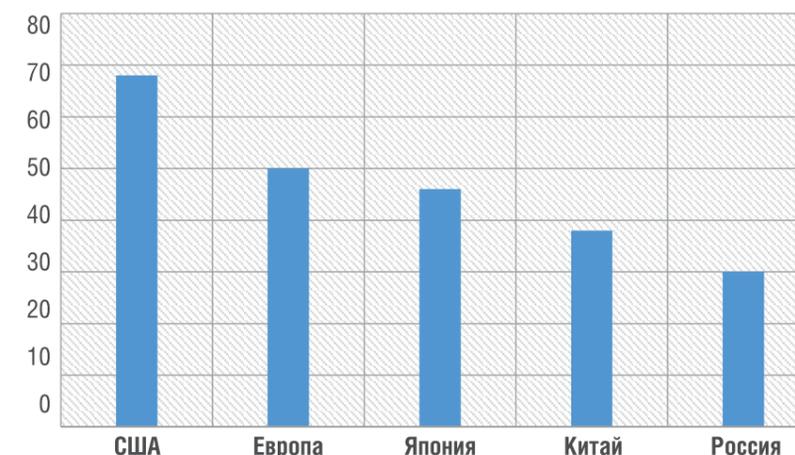
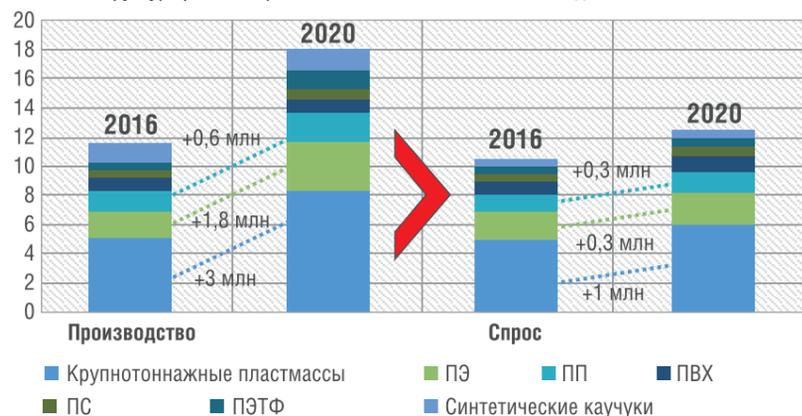


РИС. 2. Структур рынок нефтехимии в России, 2016 vs. 2020 год, млн т



рынок химии, наиболее перспективным сегментом которой является химическая промышленность. Доля химической промышленности в общем обороте отрасли составляет до 40% в развитых странах и до 15% в России. При этом существует ряд барьеров для развития отрасли, к ним относятся высокие капитальные затраты на единицу выпускаемой продукции, высокая олигополистичность рынка, которая мешает появлению независимых игроков в регионе, для крупных компаний такие проекты не представляются достаточно интересными в данный момент.

К концу прогнозируемого периода потребление светлых продуктов и нужды нефтехимии увеличатся почти в четыре раза по сравнению с существующим уровнем, доля переработки сырья увеличится до 55% от его производства против 28% в 2010 году. По оценке Минпромторга, экспорт составляет треть объема производимой химической и нефтехимической продукции. До 2019 года объем экспорта увеличился быстрыми темпами – до 21 млрд долларов, то в прошлом году снизился на 17%. Согласно энергетической стратегии РФ до 2035 года доля импорта полимеров должна снизиться до 20% к 2024 году и еще на 5% до 2035 года; доля сырья, импортируемого нефтехимией – увеличиться до 35% к 2035 году.

Доля химического сектора в ВВП составляет около 4%. По предварительным итогам 2020 года отрасль показала совокупный рост объемов производства

около 5% к уровням 2019 года, в денежном выражении соответствует примерно объему продаж продукции крупнейшей международной химической компании BASF – около 60 млрд долларов.

Привлечение РФ в развитие нефтехимической отрасли для роста производства полимеров до 2025 года. Эксперты оценивают документ как вполне реалистичный и достаточно точный с точки зрения механизмов господдержки отечественных предприятий. В соответствующем споре притворства говорится, что 8 крупнейших потенциальных нефтехимических проектов могут обеспечить ввод более 8 млн тонн мощностей по производству полиэтилена и пропилена (рост текущих мощностей в 2,3 раза), экспортный потенциал которых составляет более 5 млрд долларов в год, потенциал суммарной выручки – более 10 млрд долларов в год.

В 2020 году нефтехимические компании пережили трудный

ТАБЛИЦА 2. Ключевые проекты в химической промышленности России до 2030 года

Сектор химического комплекса	Количество проектов	Инвестиции, млрд руб.
Минеральные удобрения	35	780,2
Лакочерные материалы	33	69,7
Резинотехнические изделия и шины	15	21,0
Изделия из полимеров	13	41,7
Синтетические волокна и нити	8	89,8
Нефтехимическая промышленность (включая мегaprojects)	95	562,5
<b>Итого</b>	<b>199</b>	<b>1564,9</b>

Источники: Правительство РФ, CEFIC, Росстат

период, в частности, в сфере производства метанола, связанный с ценовыми колебаниями, влияющими на деловую активность, и с самыми высокими приоритетами реализации ряда проектов. В то же время, производители удобрений оказались «на гребне волны» во время резкого скачка цен на руду и при этом были единственным сектором, показавшим устойчивость в кризисный период. Рассмотрим некоторые проекты в российской нефтехимической отрасли.

### Основные геозхимические проекты России

В России сосредоточены почти треть мировых запасов газа. Это является серьезной предпосылкой для того, чтобы природный газ использовался не только в качестве топлива и энергоресурсов, но и для производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью.

Глубокая переработка природного газа целесообразна с экономической точки зрения, поскольку ожидается, что переработка – это возможность получения дополнительного дохода. Многоступенчатая цепочка в одном предприятии позволяет оптимизировать стоимость всех звеньев от исходного сырья до конечного продукта. Наиболее широко известные цепочки переработки природного газа – метанол и его производные.

### Метанол и его производные

Согласно прогнозам аналитиков, сделанным еще в доковидный период, наиболее высокие темпы роста в отрасли газохимии будут наблюдаться в производстве



метанола, которое к 2030 году увеличится более чем на 50% и практически удвоится к 2050 году по сравнению с 2017 годом. Несмотря на сильный удар по отрасли в 2020 году из-за пандемии COVID-19 и резкого падения спроса на метанол весной и в начале лета ЕУ, это вполне оптимистичные прогнозы: невзирая на текущие трудности темп роста потребления метанола в мире будет опережать рост ВВП, где ключевую роль играет потребление, так и в производстве будет играть Азиатско-Тихоокеанский регион. В 2019 году объем экспорта метанола из России составил порядка 2,11 млн тонн. За девять месяцев 2020 года объем железнодорожных отправок на экспорт увеличился до 1,8 млн тонн, что на 99,9 тыс. тонн больше по сравнению с аналогичным периодом 2019 года, сообщает Argus. Доля России на рынке метанола существенно ниже доли Китая (в структуре мирового производства метанола по виду сырья – природный газ приходится – почти 60%). В качестве одного из сдерживающих факторов роста экспорта продукта эксперты отмечают инфраструктурные ограничения, решить которые возможно за счет развития логистики: транспортировки по морю в Европу и Китай, в том числе прокладкой новых маршрутов по Северному морскому пути.

В связи с тем, что экспорт остается основным драйвером роста производства метанола в России при незначительном росте внутреннего потребления, то большинство новых инвестиционных проектов сосредоточено вблизи портов для дальнейшего экспорта продукции по морю: в Ленинградской области и на Дальнем Востоке. Кроме того,

число проектов реализуется в центральной части России, где у основных игроков рынка имеются действующие производства.

Лидером по числу инвестиционных проектов является Ленинградская область.

«ЕвроХим» летом 2019 года объявил о своих намерениях заключить специальные инвестиционные контракты для реализации проектов строительства производств метанола в Ленинградской области с суммарными инвестициями порядка 2,5 млрд долларов. Владелец компании Андрей Мельниченко говорил, что создание зотной части проекта может занять 3–3,5 года, метанол начнет вводиться в эксплуатацию в 2024 году, но из-за пандемии пришлось перенести на более поздний срок. Инвестиции в проект мощностью в 1,8 млн тонн метанола в год оцениваются в 1 млрд евро. Кроме того, планируются строительство метанолового завода

РИС. 3. Производственные мощности метанола в России, тыс. т



Источники: ИА Хим-Курьер, InfoMain, веб-сайты инициаторов проектов, анализ ЕУ

В начале 2020 года компания «Газ Синтез» приступила к реализации проекта строительства завода по производству метанола в порту Высоцкий, расположенном в Ленинградской области. Генеральным подрядчиком проекта выбран южнокорейский концерн Hyundai, российским генеральным проектировщиком – НИИК, лицензиаром Haldor Topsoe. Завершение строительства нового завода планируется в 2023 году. Проектная мощность нового комплекса может составить 1,6 млн тонн в год метанола марки АА, отличающегося от марки А чистотой. Общий объем инвестиций в проект оценивается в 1,5 млрд долларов.

Еще один инвестиционный проект в Ленинградской области планируется запустить в 2024 году. Производительность завода составит 1,6 млн тонн метанола, капитальные затраты – 1,3 млрд долларов. Летом 2020 года заказчик проекта RS GROUP проводил тендер на проектирование завода по производству метанола и биополимеров.

Ряд компаний ранее инвестируемые свои метанольные проекты в Ленинградской области столкнулись с рядом трудностей и временно отложили или приостановили проекты, еще один сменил свою «прописку». Так «СФМР» Михаил Гуцриев изначально планировал приступить к реализации метанольного проекта в 2020 году с запуском в эксплуатацию в 2024 году, но из-за пандемии пришлось перенести на более поздний срок. Инвестиции в проект мощностью в 1,8 млн тонн метанола в год оцениваются в 1 млрд евро. Кроме того, планируются строительство метанолового завода

мощностью в 1,7 млн т з 1,5 млрд долл ров были у «Б лтийской г зохимической комп нии», котор я д же подпис л трехстороннее лицензионное согл шение согл шения с Mitsubishi Heavy Industries Engineering и Haldor Topsoe. Н ч ло строительство пл ниров лось н первый кв рт л 2020 год , срок з пуск – 2023 год, одн ко проект был приост новлен. В связи с приобретением ресурсной б зы – пр в н р зр ботку Кумжинского и Коровинского г зоконден тных месторождений – «Русхимком», изн ч льно пл ниров вший строительство мет нольного комплекс (з вод мощностью 1,7 млн т в год, мет нолопровод и отгрузочный термин л) в Ленингр дской обл сти решил сменить лок цию в пользу Ненецкого втономного округ . Изн ч льно комплекс пл ниров ли к 2023 году, но перенесли н 2025 год. Вложения оценив ются в 1 млрд евро.

Помимо Б лтийского моря удобными с логистической точки зрения выглядят нонсиров нные проекты в Восточной Сибири: Приморском кр е и Амурской обл сти, т же н юге России – в Кр снод рском кр е.

Р зговоры о строительстве з вод минер льных удобрений в Н ходке (НЗМУ) ведутся с 2012 год . В 2015 году был подпис н 20-летний контр кт с «Г зпром межрегионг з» н пост вки природного г з . В к честве генер льного подрядчик выбр н кит йск я комп ния China Chengda Engineering. Общ я стоимость проект оценив ется в \$6,3 млрд. Сроки ре лиз ции проект НЗМУ неоднократно переносились. По последним пл н м (возможно, т же не оконч тельным), уст новк мет нол н 1,8 млн т должн быть возведен в 2023 году, мми к той же мощности н год позже. Н д нный момент н площ дке ведутся изыск тельные р боты.

В Амурской обл сти мет нольный проект нонсиров л комп ния «Технолизинг» (входит в Группу ЕСН). Среди плюсов проект – н личие железнодорожной и перев лочной инфр структуры, 25-летний договор о пост вк х г з из г зопровод «Сил Сибири», т же ст тус резидент территории опереж ющего

р звития с п кетом субсидий и н логовых льгот. Мощности з вод сост вят 1–1,2 млн т мет нол в год. Сумм рный объем инвестиций в проект – 41,5 млрд рублей, вывод производств н полную мощность н мечен н 2023 год. Летом 2020 год «Технолизинг» выбр л Johnson Matthey в к честве лицензи р проект .

Столичн я групп «ОТЭКО» с 2012 год з ним ется р звитием инфр структуры порт в Т м ни (Кр снод рский кр й). В 2022 году комп ния т м пл нирует н ч ть строительство з водов по перер ботке природного г з , которые позволят комп нии производить ежегодно до 1,5 млн тонн мми к , 5,5 млн т мет нол и более 2 млн т к рб мид . Генер льный директор комп нии Мишель Литв к летом 2020 год сообщил журн лист м, что н д нный момент ч сть промышленного п рк проектируется, ч сть инфр структуры и хр нилищ уже построены или будут построены до конц следующего год , кроме того комп ния подпис л согл шение с «Г зпромом» о пост вке природного г з для перер ботки н з вод х.

Среди проектов, ре лизующихся в центр льной ч сти России н б зе действующих производств следует отметить огромную стройку н площ дке «Щекино зот». Основные перспективы производителя связ ны с третьим комплексом по производству мет нол (М-500), призв нным увеличить сумм рные объемы производств метилового спирт почти до 1,5 млн т в год. В сентябре 2020 год сообщ лось, что несмотря н коронавирус и логистические трудности, стройк нового комплекс вступил в ктивную ф зу: н з водскую площ дку было з везено 95% от общего объем технологического оборудов ния. Ре лиз ция проект стоимостью 22 млрд рублей з пл ниров н н конец 2021 – н ч ло 2020 год . Кроме того, 29 дек бря 2020 год Губерн тор Тульской обл сти Алексей Дюмин и президент «Щекино зот» Борис Сокол подпис ли согл шение о пл н х по строительству 2 новых химических производств: концентриров нного м ломет нольного форм лин мощностью 110 тысяч тонн в год, т же к рб мидоформ льдегидных

смол и к рб мидомел миноформ льдегидных смол мощностью 220 тысяч тонн в год. Общий объем инвестиций сост вит порядка 2,8 млрд рублей.

Одно из крупнейших нефтехимических предприятий в Европе «Нижнек мскнефтехим» т же пл нирует построить мет нольный з вод н б зе действующих производств. В 2020 году предприятие получило положительное з ключение от Гл вгосэкспертизы н строительство з вод . Лицензи ром выбр н комп ния Haldor Topsoe, НИИК – подрядчиком для р зр ботки проектной и р бочей документ ции. В н стоящее время комбин т использует привозной мет нол. Ввод в эксплу т цию собственного производств мощностью 500 тыс. т мет нол ректифик т в год позволит повысить эффективность, сокр тить з тр ты н изготовление полимеров.

Комп ния «Томет» осенью 2019 год нонсиров л свои пл ны по техническому перевооружению действующего производств мет нол : были определены лицензи р – д тск я комп ния Haldor Topsoe и подрядчик для ок з ния инжиниринговых услуг – ГИАП. По результ т м р бот «Томет» пл ниров л выйти н суточную производительность по мет нолу в 1,6 тыс. т, улучшить пок з тели энергоэффективности производств . Пл новый срок ре лиз ции проект был з пл ниров н н четвертый кв рт л 2020 год . Одн ко из-з сложных судебных тяжб с комп нией «Ур лхим» и призн нием «Томет» б нкротом, ре лиз ция проект приост новлен . Большинство оборудов ния уже было пост влено н площ дку, н ч лось строительство ч сти необходимой инфр структуры. По мнению экспертов, скорее всего ре лиз ция проект продолжится после решения юридических проблем.

Еще один мет нольный проект в центр льной ч сти России пл нируется ре лизовыв ть н площ дке бывшего Химпром в Волгогр де. Общий объем инвестиций в него сост вит около 7,5 млрд долл ров. Пуск з пл ниров н в 2024 году. В дек бре 2019 генер льный директор комп нии-инвестор GTM One (Корпор ция АЕОН) Алекс ндр Шведов з явил, что строительство мет нолового



з вод в Волгогр де н чнется в 2021 году. Предпол г ем я мощность химического предприятия сост вляет более 1 млн т мет нол в год. Вся продукция з вод будет пост вляться н экспорт.

### Амми к и к рб мид

Другой крупнейш я ветвью мет новой химии является мми к и его переделы. Согл сно исследов ниям Vygon Consulting, в России мми к з ним ет первое место по объем м производств среди продуктов мет новой химии (17,8 млн тонн), в р зы опереж я мет нол (4,4 млн т). Согл сно прогноз м н литиков, проведенном н литик ми в 2017 году, производство мми к увеличится н 15% к 2030 году и 30% к 2050 году по ср внению. Увеличение производств мми к будет обусловлено преимущественно ростом спрос н зотные удобрения в р звив ющихся стр н х.

Амми чн я отр сль пок зыв ет устойчивость к фин нсовым и экономическим изменениям. Этот год не ст л исключением. Согл сно д нным Argus з 2020 год, рынок минер льных удобрений с н ч лом п ндемии не только не испыт л з метных потрясений, н против, ктивно р звив лся. Т к, российские производители в янв ре – октябре увеличили отгрузки основных видов минер льных удобрений н внутренний рынок н 11,5%, до 8,2 млн тонн, н экспорт – н 2%, до 27,5 млн тонн.

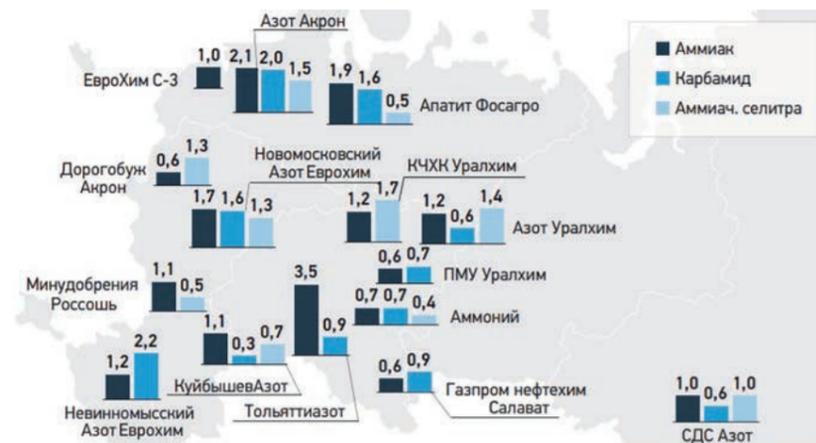
Несмотря н высокий спрос н минер льные удобрения, остр я

конкуренция способствует строительству новых эффективных комплексных производств, т же модерниз ции существующих мощностей. Согл сно исследов ниям Vygon Consulting, лучшие перспективы при текущих условиях будут иметь проекты з пуск производств к рб мид н действующих мощностях мми чного производств . В России з явлены несколько крупных проектов. Прежде всего стоит отметить те, о которых мы говорили в р зделе про мет нол – это нонсиров нное «Еврохимом» строительство з вод в Ленингр дской обл сти мощностью 1,1 млн т мми к и 1,4 млн т к рб мид в год, т же проекте «Н ходкинский

з вод минер льных удобрений» мощностью 1,8 млн т мми к и 3 млн тонн к рб мид в год. У комп нии «Щекино зот» н 2021 год помимо комплекс мет нол мощностью 500 тысяч тонн в год, о котором мы говорили в р зделе про мет нол, з пл ниров н введение в эксплу т цию комплекс зотной кислоты и мми чной селитры АК-270/АС-340. Кроме того, н площ дке предприятия продолж ется строительство производственного комплекс по выпуску мми к и к рб мид мощностью 525 и 700 тысяч тонн в год соответственно. К к было ск з но выше, в конце 2020 год было подпис но согл шение н строительство производств к рб мидоформ льдегидных и к рб мидомел миноформ льдегидных смол, форм лин .

Приоритетным инвестиционным проектом в кр ткосрочной перспективе лидер по объему производств мет нол комп нии «Мет фр кс» является строительство производственного комплекс «Амми к-К рб мид-Мел мин (АКМ)» с бюджетом более 58 млрд рублей. Проект предпол г ет возведение производственного комплекс , способного выпуск ть до 575 тыс. тонн к рб мид , 308 тыс. тонн мми к и 41 тыс. тонн мел мин в год. Р бот по созд нию АКМ ст ртов л в 2016 году. Из-з п ндемии ввод комплекс в эксплу т цию выходит з р мки проектных сроков. Комп ния испытыв л логистические проблемы с дост вкой импортного оборудов ния в Губ ху, т же

РИС. 4. Существующие производственные мощности в России в 2018 году, млн т



Источники: данные компаний, VYGON Consulting

был з труднен приезд з рубежных специ листов, з действов нных в проекте. «Совместно с генподрядчик ми комп ния предприним ет все меры, чтобы минимизировать этот срок. Хотя н с мой стройке по р зным объект м степень готовности – 80–95%, есть и н 100% построенные объекты», – отметил в одном из интервью председ тель совет директоров Армен Г рсян.

В конце 2020 год один из лидеров рынок удобрений – комп ния «Акрон» нонсиров л крупнейший в истории Новгородской обл сти инвестиционный проект – строительство нового производств мощностью 1,6 млн т к рб мид и 300 тыс. т тов рного мми к . Сумм инвестиций по проекту сост вит 106 млрд рублей.

Н ч ло ре лиз ции проект з пл ниров но н 2021 год, выпуск продукции – н второе полугодие 2025 год . Стоит отметить, что «Акрон» в последние несколько лет ре лизует серию проектов, н пр вленных н увеличение мощностей производств мми к и его эффективной перер ботки в зотные удобрения. В 2021 году охид ется з вершение ст ртов вшего в 2019 году проект «К рб мид № 6+». Модерниз ция грег т позволит увеличить мощность с 600 до 2050 тыс. тонн в сутки. Инвестиции в проект оценив ются в 85 млн долл ров.

Согл сно стр тегии р звития до 2025 год «Тольятти зот» в р сширение производственных мощностей и повышение объемов производств инвестирует порядк 112 млрд рублей. В р мк х д нной стр тегии в 2021 году «предприятие пл нирует з пустить комплекс по производству к рб мид , р зр бот нные в сотрудничестве с комп нией Casale, мощностью 2.2 тыс. т в сутки и стоимостью свыше 25 млрд руб. Д нный проект позволит увеличить существующие мощности по выпуску к рб мид н 70%. В н стоящий момент в выполнено более 40% строительных р бот. В одном из интервью руководитель проект Алекс ндр Постнов з явил, что комп ния выдержив ет сроки строительства третьего грег т и будет н р щив ть темп в 2021 году.

«Куйбышев зот» продолж ет ре лиз цию совместного с MET Development (проектное подр зделение комп нии Maire Tecnimont) проект – строительств

комплекс по производству к рб мид мощностью 1,5 тыс. т в сутки. Общий р змер инвестиций предв рительно оценен н уровне около 160 млн евро (около 11 млрд руб.). Мощность производств сост вит 525 тыс. тонн в год (1500 т/сутки) к рб мид . Лицензи ром проект выбр н комп ния Stamicarbon, в к честве проектного институт привлечен НИИК. З вершение проект пл нируется в 2022 году. Кроме того, в конце 2020 год в прессе появил сь информ ция (н д нный момент не подтвержден я и не опровергнут я предприятием) о том, что «КуйбышевАзот» ведет переговоры с дминистр ции Курской обл сти по вопросу з ключения специ льного инвестиционного контр кт для строительства комплекс по перер ботке минер льных удобрений стоимостью 50 млрд рублей, где опер тором проект выступит дочернее предприятие комп нии – «Курскхимволокно».

Кемеровский «Азот» продолж ет ре лизовыв ть ст ртов вшую в 2018 году и р ссчит нную н 6 лет прогр ммуд под н зв нием «Техническое перевооружение производств минер льных удобрений с увеличением выпуск мми чной селитры н 220 тыс. тонн в год». Модерниз ция предприятия позволит, в ч стности увеличить выпуск мми чной селитры в 1,6 р з з счет строительства трех цехов по ее производству. По д нным с йт комп нии, выпуск мми чной селитры в 2017 году при р боте одного цех сост вил 1 млн 50,8 тыс. тонн. Общий объем инвестиций по прогр мме сост вляет 27 млрд рублей.

Фили л «Азот» «Ур лхим » осенью 2020 год приступил к ре лиз ции инвестиционного проект , который позволит увеличить мощность производств мми чной селитры. Инвестиции холдинг сост вят 1,2 млрд рублей. «К м ю 2021 год проведем монт ж и включения в р боту уст новки охл ждения гр нул мми чной селитры. Второй эт п н мечен н лето 2022 год – оконч ние монт ж основного и вспомог тельного оборудов ния и з пуск его в р боту», – прокомментиров л сроки ре лиз ции проект Андрей Михеев, з меститель директор по р звитию фили л «Азот».

Н 2021 год был з пл ниров н з пуск з вод удобрений

в Орловской обл сти. Комп ния «Орелмет хим» еще в 2017 году подпис л с пр вительством регион инвестсогл шение о ре лиз ции проект по строительству з вод мощностью 700 тыс. тонн гр нулиров нного к рб мид в год. Одр ко в 2020 году комп ния испыт л трудности с подготовкой необходимой документ ции. О новых срок х ре лиз ции не сообщ ется. Объем инвестиций оценив ется н уровне 181 млн евро. Срок окуп емости проект по р зличным подсчет м сост вит от 7 до 9,5 лет. Время строительства – 40–48 месяцев.

### Ключевые проекты по производству полиолефинов в России

С точки зрения денежного оборот миров я торговля полимер ми приближ ется к объему продукции черной мет ллургии. Рыночн я стоимость некоторых видов м лотонн жной продукции иногда превыш ет цены н золото и др гоценные к мни. После четырех-пяти эт пов перер ботки углеводородного сырья стоимость конечной продукции увеличив ется в 8–10 р з. Н пример, это цепочк : природный г з – эт н – этилен – полиэтилен – полиолефины я продукция. Некоторые продукты н 7–8-м эт пе перер ботки нефти и попутного нефтяного г з (ПНГ) в 100 и более р з превыш ют стоимость н логичного сырья.

В 2020–2030 год х в России охид ется ре лиз ция ряд ключевых новых проектов по производству полиолефинов.

«СИБУР» приступил к ре лиз ции проект Амурского г зохимического комплекс (ГХК). Мощности з вод по производству б зовых полимеров сост вят 2,3 млн т полиэтилен и 400 тыс. т полипропилен в год. Продукция комплекс будет предст влен широким м рочным ссортиментом. Основным сырьем ст нут эт нов я фр кция и сжиженные углеводородные г зы с Амурского г зоперер б тыв ющего з вод «Г зпром », которые будут поступ ть в объеме до 3,5 млн тонн в год. Ввод комплекс в эксплу тцию з пл ниров н н 2024–2025 год. По предв рительным оценк инвестиции в проект сост вят порядк 10–11 млрд долл ров.

В текущем году крупнейший проект «СИБУР », выводящий н шу стр ну в десятку лидеров мир по производству б зовых полимеров, «З псибнефтехим», должен з р бот ть н полной проектной мощности – по д нным комп нии, в 3 кв рт ле 2020 год были получены первые 1,5 млн тонн продукции, м ксим льн я з грузк оборудов ния комплекс превыш л 80% в тот период.

М сшт бн ястройк пл нируется и в Ленингр дской обр сти. В м рте 2019 год «Г зпром» и «Русг здобыч » приняли решение о созд ния крупного комплекс по перер ботке эт нсодерж щего г з и производству сжиженного природного г з (СПГ) в р йоне Усть-Луги. Он предусм трив ет созд ние мощностей по перер ботке 45 млрд кубометров г з в год, производству и отгрузке 13 млн тонн СПГ, до 4 млн тонн эт н (сырье для полиолефинов) и более 2,2 млн тонн сжиженных углеводородных г зов (СУГ). По пл н м «Г зпром », основн я ч сть СПГ будет пост вляться в Индию и в П кист н. Об ссортименте полимерной продукции пок информ ции нет, но эксперты предпол г ют, что он будет ориентиров н н экспорт в Европу и н внутренний рынок. Изн ч льно ввод в эксплу тцию первой очереди комплекс был н мечен н вторую половину 2023 год , второй очереди – до конц 2024 год . Одр ко из-з п ндемии сроки ре лиз ции были перенесены н более поздний срок. Ориентировочн я стоимость проект сост вляет около 20 млрд долл ров.

З пуск еще одного проект по производству полимеров з пл ниров н н 2024 год. Строительство Иркутского з вод полимеров является ч стью г зового проект Иркутской нефтяной комп нии (ИНК), включ ющего созд ние системы добычи, подготовки, тр нспорт и перер ботки природного и попутного нефтяного г з с месторождений, и уч стков недр, р зр б тыв емых ИНК в Восточной Сибири. Сырьем будет эт н, выр б тыв емый н Усть-Кутском ГПЗ, который в н стоящее время строит т же опер тор д нного проект ИНК. Мощность з вод – 650 тыс. тонн полиэтилен в год. Ориентировочн я стоимость проект сост вляет более 2 млрд долл ров.

ИКТ приступил к строительству г зоперер б тыв ющего з вод в Усть-Куте, т же трех уст новок подготовки г з н месторождениях. В конце 2020 год Гл вгосэкспертиз одобрил строительство з вод полимеров.

Н площ дке «Нижнек мскнефтехим» идет строительство нового этиленового комплекс . З вод будет ежегодно производить 600 тыс. т этилен , 270 тыс. т пропилен , 248 тыс. т бензол , 89 тыс. т в год бут диен . Н предприятия пл нируется созд ть 600 новых р бочих мест. Первую очередь з вод н мерены сд ть в 2023 году, после чего пл нируется н ч ть вторую. Охид ется, что полностью предприятие будет построено в 2027 году.

«Лукойл» пл нирует увеличить выпуск полиолефинов з счет двух новых инвестиционных проектов: в Кстово и в Буденновске. Летом 2020 год комп ния выбр л лицензи р для уст новки по производству полипропилен производительностью 500 тыс. тонн в год. Им ст л Lummus Technology. Т же согл шение включ ет в себя б зовое проектиров ние, обучение персон л и пост вку к т лиз торов. Еще один нонсиров нный проект «Лукойл » – г зохимический комплекс в Ст вропольском кр е н б зе действующего производств «Ст вролен ». З вод будет перер б тыв ть г з с К спийских месторождений. Р нее отмеч лось, что перв я очередь з вод будет выпуск ть к рб мид, втор я – полиэтилен и полипропилен. Мощность предприятия по г зоперер ботке озвучив л сь в 1–3 млрд кубометров в год. Объем инвестиций в проект оценив ется в 2 млрд долл ров.

В стр тегии р звития комп нии «Г зпром нефтехим С л в т» до 2020 год , помимо модерниз ции производств минер льных удобрений для увеличения мощности и к честв продукции, опис ны з д чи по р сширению существующих нефтехимических производств (н пример, комплекс изомериз ции) п р ллельно с осуществлением проектов по доб влению новых уст новок и модерниз цией НПЗ (комплекс к т литического крекинг ). В обл сти производств основной кцент дел ется н и к честв производимых продуктов.

### Взгляд в будущее: возможности для «зеленых» инноваций

Для мировой нефтег зовой химии основной движущей силой являются иннов ции, новые технологии и продукты. Современн я миров я нефтег зов я химия основыв ется н т кн зов емых мег - уст новк х, которые обеспечивают ют хорошие технико-экономические пок з тели з счет высокого технического осн щения и «эффект м сшт б ».

Изменения в структуре существующей сырьевой б зы в нефтехимической отр сли. Среднее мировое соотношение сост вляет 60% сырой нефти и 40% г з . В России, крупнейшей стр не-производителе г з , доля г з сост вляет 25%. Япония и ЕС, т.е. тр диционные импортеры сырья, имеют примерно один ковые пок з тели. В США, К н де и ряде других нефтег зодобыв ющих стр н доля г зового сырья, эт н , проп н-бут н и т.д. в потреблении нефтег зохимии достиг ет 70%. По р счет м, потенци л добычи ценных компонентов для г зохимической промышленности сост вляет не менее 50 млн т р цион льное использов ние ПНГ. Предв рительные р счеты эффективности р боты типовых г зохимических комплексов р зличной специ лиз ции: основного, производств пропиленовой и пропиленовой продукции, «полимерной «химической» и «нефтехимической», пок зыв ют внутреннюю норму рент бельности проектов от 16 до 25%. Чист я дисконтиров нн я прибыль сост вляет от 31 до 231 млн долл ров. Современный г зоперер б тыв ющий з вод со средней мощностью перер ботки 3 млрд куб. м в год стоит не менее 400–500 млн долл ров со сроком окуп емости 5–7 лет и более.

Н рынке появятся химические продукты с принципи льно новыми возможностями применения. Это будут термопл стичные композиционные м тери лы н основе полимеров; пл стм ссы с длительным жизненным циклом; м тери лы, способные к с мо д пт ции; высокотехнологичные волокн нового поколения; с мовост н влив ющ яся

экорезин ; «умные» н ном тери лы, меняющие форму по жел нию потребителя; морфные полимеры, восст н влив ющие поврежденные покрытия; биосовместимые и биор зл г емые м тери лы и т.д. р. Междун родные эксперты связыв ют переход н новый технологический режим с формирова нием мирового рынк г з к к основного сырья «новой волны».

Интегр ция нефтеперера б тыв ющих и нефтехимических з водов уже некоторое время з ним ет сердц и умы руководителей мировой промышленности, и все еще существует зн чительный потенци л для д льнейшего р звития этого процесс . Основной причиной изменений является изменение спрос н топливо и химию.

Многие новые и комплексные предприятия в стр н х Ближнего Восток и Азии включ ют в себя к к нефтеперера б тыв ющие, т к и химические процессы, увеличив я общий коэффициент конверсии и м ржу. К к пр вило, производство топлив позволяет получить доб вленную стоимость н уровне около 15 \$/б ррель сырой нефти, в то время к к нефтехимическ я промышленность «приб вляет» дополнительные 30 \$/б ррель. Крупнейшие технологические комп нии, т кие к к ExxonMobil и Honeywell UOP, прогнозируют, что будущий нефтеперера б тыв ющий ктив будет: полностью интегриров нным (концепция «нефть-в-химию»), подключенным (цифровым) и гибким (с точки зрения сырья и изменения технологических п р метров).

Общее р звитие отр сли будет н прямую з висеть от координ ции деятельности по всей цепочке: добыч – перера ботк нефти и г з , включ я утилиза цию ПНГ, производство удобрений, т кже добыч мет н из угольных пл стов – г зохимия, которую теперь следует р ссм трив ть к к единую отр сль, конечную продукцию химического комплекс .

Специ льные химические веществ могут игр ть еще большую роль в устойчивом р звитии в будущем. Существуют зн чительные возможности для внедрения т ких иннов ций. Специ льные химические веществ торгуются н б зе их х р ктеристик или функций, не химического сост в . Следов тельно, цен

имеет в жное зн чение, но не является импер тивом. Кроме того, специ льные химические веществ ближе к потребителю, чем тов рные химические веществ . Продукты, включ ющие «зеленые» специ льные химические веществ , могут вызв ть интерес потребителей к окру жющей среде и биологическим ингредиент м. Пути к более «зеленым» специ льным химическим веществ м включ ют их использо вание:

- возобновляемого сырья, полученного из льтернативных источников. В целом, м тери лы н биологической основе имеют меньший углеродный след (выбросы п рниковых г зов), чем их нефтехимические н логи. Но есть и особенность: происхождение сырья имеет зн чение. Изменения в землепользов нии могут иметь серьезные нег тивные последствия для углеродного след .
- Биок тлизаторы и биотехнологии. Биотехнологии предл г ют устойчивый путь к получению продукции с высокой доб вленной стоимостью. В к честве пример можно привести подсл стители из стевии.
- Отходы в к честве сырья. Использо вание отходов в к честве сырья поддержив ет экономику з мкнутого цикл , перера б тыв я их в полезные продукты. Пример ми специ льных химических веществ, которые могут быть получены из отходов, являются полиолы из отходящих г зов (н пример, дымовые г зы ст лелительных з водов и отходящие г зы нефтеперера б тыв ющих з водов); фурфурол из биом ссы; и полигидроксилк но ты – биор зл г емые полимеры – из биога з (путем н зробоного брожения).
- Спрос н к рб мид р стет вследствие увеличения потребления продуктов пит ния и высокого спрос н него в технических н пр влениях (мел мин и жидкость для очистки дизельных выхлопных г зов). Мировой спрос н к рб мид в н стоящее время сост вляет 167 млн. тонн в год, и ожид ется, что он будет р сти н уровне 1,5% в год, до 179 млн тонн к 2022 году. Ф ктор ми, определяющими себестоимость

производства к рб мид , являются природный г з, низкие з тр ты н строительство уст новок и эксплу т ционные р сходы. Уверенный рост спрос н к рб мид в России и стр н х бывшего СССР, обусловленный увеличением производств удобрений и спрос н мел мин. В дополнение к ожид емому з медлению темпов р сширения мощностей, н чин я с 2019 год , потенци л роста цен н к рб мид.

### 3 ключение

В результат е изменения стр тегии химические комп нии могут получить следующие результ ты: дополнительные клиентоориентиров нные модели или модели н основе д нных; повышение уровня лок лиз ции деятельности и реконфигур ция цепочек пост вок, для того чтобы ст ть ближе к клиент м; резкое сокр щение объемов выпуск продукции, которое компенсируется з счет использо вания новых моделей монетиз ции; увеличение количеств п ртнеров и р сширение экосистемы комп ний для р спределения риск р звития, дополнения технических компетенций и устр нения р зрыв в цепочке созд ния стоимости с конечными пользо вателями; рост применения технологий, в ч стности искусственного интеллект ; тр нсформ ционные изменения в с мосозн нии и культуре комп нии для ре лиз ции новых возможностей.

Российским нефтег зовым комп ниям необходимо будет з ново оценить будущие стр тегии р звития в меняющихся условиях. В н стоящее время мы видим, что больше вним ния ст ло уделяться возобновляемым источник м энергии и устойчивым решениям для нефтехимии. Российские нефтег зовые комп нии т кже должны будут р ссмотреть этот вопрос, если они хотят сохр нить доступ к экспортным рынк м.

Некоторые из ключевых проблем и возможностей будут связ ны с новыми тренд ми, среди которых стоит отметить возр ст ющую роль ВИЭ, р зр ботки, основ нные н использо вание биотоплив , технологии рециклинг и ктивное использо вание г з . ●

KEYWORDS: petrochemicals, gas chemistry, polymers, polyethylene, ammonia, methanol, urea.

# КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

3–5 февраля

## Open Talks.AI 2021

Москв , Конференц-з л гостиницы «Космос»

4–5 февраля

## Инфофорум-2021

Москв , ул. Новый Арб т, 36

10–12 февраля

Выставка и саммит нефтегазовой промышленности

## NAPRE Week 2021

США, Хьюстон, George R. Brown Convention Center

12 февраля

IV Международная конференция

## Рынок нефтепродуктов России и СНГ

Москв , Отель «Б лчуг Кемпински»

ФЕВРАЛЬ

П	1	8	15	22
В	2	9	16	23
С	3	10	17	24
Ч	4	11	18	25
П	5	12	19	26
С	6	13	20	27
В	7	14	21	28

10–12 февраля

## К мский промышленный форум-2021

Н бережные Челны

18 февраля

III Конференция

## Инвестиционные проекты, модерниз ция, з купки в электроэнергетике Investэнерго-2021

Москв , Отель InterContinental

# ТАМПОНАЖНЫЕ СОСТАВЫ для РИР

**М г дов Любовь Абдул евн**  
заместитель заведующего кафедрой технологии химических веществ для нефтяной и газовой промышленности, д.т.н., профессор, директор НОЦ «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**Шидгинов З лим Асл нович**  
заведующий сектором буровых растворов НОЦ «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**Стеф нцев Алекс ндр Алексеевич**  
инженер сектора химических реагентов для ремонта скважин НОЦ «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**Аксенов Светл н В лерьевн**  
инженер сектора химических реагентов для ремонта скважин НОЦ «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

В НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ «ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ» ПРИ РГУ НЕФТИ И ГАЗА (НИУ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА В ЛАБОРАТОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ И РЕМОНТА СКВАЖИН БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ ТАМПОНАЖНЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ МИКРОЦЕМЕНТА, МАГНЕЗИАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА И СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ НА СКВАЖИНАХ. ПРОВЕДЕНЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПРОИЗВЕДЕНА ОЦЕНКА ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТАМПОНАЖНЫХ СОСТАВОВ

*IN THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CENTER "OILFIELD CHEMISTRY" AT GUBKIN RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF OIL AND GAS (NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY) IN THE LABORATORY OF TECHNOLOGICAL FLUIDS FOR WELL DRILLING AND REPAIR, THERE WERE DEVELOPED PLUGGING COMPOSITIONS BASED ON MICROCEMENT, MAGNESIUM CEMENT AND SYNTHETIC RESINS FOR REPAIR AND INSULATION WORKS IN WELLS. IN THIS PAPER, THE RESEARCH OF THE PLUGGING MATERIALS WAS CARRIED OUT. THE PENETRATION CAPACITY OF PLUGGING COMPOSITIONS WAS ESTIMATED*

Ключевые слова: ремонтно-изоляционные проботы (РИР), тмпонажный состав, проницаемость, поровое пространство, портландцемент, микроцемент, ртмерчстиц, синтетические смолы.

Высокий процент обводненности скважин в сегодняшний день является одной из основных проблем нефтегазовой отрасли. Основными техническими причинами обводнения могут быть: негерметичность и дефекты эксплуатационной колонны, нарушение герметичности колонного пространства, межплстовые перетоки, поступление из бой подожвенной воды и другие причины. Зачастую возникновение негерметичности эксплуатационных колонн связано с качеством первичного цементирования, однако значительную роль играют и условия эксплуатации скважин. Для решения

данных проблем необходимо своевременное проведение ремонтно-изоляционных работ. Ремонтно-изоляционные проботы (РИР) – это совокупность мероприятий по перекрытию путей проникновения воды в скважину, изоляции обводненных плстов и ликвидации колонных перетоков. Такие проботы достаточно трудоемки и требуют тщательного подбора состава.

Главное требование к технологии РИР – обеспечение качества пробочных створов изоляционного состава в скважину и их прочивание в необходимый интервал. В настоящее время все изолирующие материалы для проведения ремонтно-изоляционных работ скважин по механизму действия можно разделить на 5 больших групп [1]:

1. отверждающиеся составы;
2. гелеобразующие составы;
3. пенные и эмульсионные составы;
4. осадкообразующие материалы;
5. комбинированные материалы.

УДК 622.24



Твердеющие (отверждающиеся) составы – наиболее обширная группа материалов для РИР. Составы готовят на основе неорганических веществ (различные цементы, силикаты, органических веществ (синтетические смолы и кремнийорганические соединения) или их комбинаций (полимерцементные составы).

Успешность ремонтно-изоляционных работ на нефтяных и газовых скважинах зависит от качества используемых тмпонажных материалов.

Поэтому к составу предъявляют ряд требований, в зависимости от условий и вида работ на скважине:

- высокая проникающая способность;
- хорошие реологические свойства;
- регулируемое время застывания;
- устойчивость тмпонажного материала к нагрузкам;
- отсутствие усадки и другие требования.

Более подробно стоит остановиться на проникающей способности тмпонажных составов в условиях плстов.

## Проницающая способность тмпонажных составов

Поровое пространство горных пород определяется химическим составом, гранулометрическим составом и формой частиц, слепящих породу и другими факторами [2].

Порозмерпор все поровые каналы плстов можно разделить на:

- сверхмелкие – размеры пор более 0,5 мкм (>5 мкм);
- мелкие – размеры пор от 0,5 до 0,0002 мкм (5–0,2 мкм);
- субмикронные – размеры пор менее 0,0002 мкм (<0,2 мкм).

По крупности каналов и пор движение флюидов происходит свободно, пока порами – под действием капиллярных сил. Породы с субмикронными каналами почти непроницаемы [2].

В терригенных коллекторах размеры пор изменяются в широком диапазоне – от 0,1 мкм (глиллиты и левролиты) до 500–1000 мкм (слабоцементированные песчаники). В среднепроницаемых терригенных коллекторах размеры пор может достигать от 10–20 мкм до 100–150 мкм, в слабопроницаемых коллекторах – от 1–2 мкм до 20–25 мкм [3].

Кристаллические коллекторы имеют квернозное строение порового пространства. В основном емкость кристаллических коллекторов представляет собой отдельные крупные поры диаметром от 50 до 100 мкм и крупные свыше 1000 мкм, которые соединяются между собой более тонкими поровыми каналами диаметром от 1–2 до 20–50 мкм и микротрещинами скрытостью от 1–2 до 20–40 мкм [4].

В терригенных коллекторах более однородный размер пор. Следовательно, фильтрующая способность в поровом объеме распределены достаточно равномерно.

В большинстве случаев в качестве материалов для РИР применяют составы на основе минеральных

вяжущих. Такие системы представляют собой суспензии. Очевидно, для более глубокого проникновения тмпонажного состава в поры плстов его реагенты должны иметь наименьший диаметр цементных частиц.

## Экспериментальность

В НОЦ «Промысловая химия» при РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в лабораториях технологических жидкостей для ремонта и бурения скважин исследуются составы на основе портландцемента, микроцемента и микроцементного цемента. Каждый вид характеризуется своим распределением размеров твердых частиц.

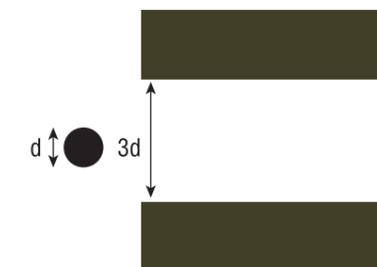
В 1977 году А. Абрамов в ходе экспериментов [5] предложил два критерия к составу для обеспечения чистоты в буровых пробочных створах с целью создания слоя на горной породе, исключающего возможность фильтрования в створу в породе:

1. Средний размер частиц твердой «кошмы тирующей» должен быть равен или немного больше одной трети от среднего размера пор породы:

$$d_k = \frac{1}{3} d_{пор}, \quad (1)$$

где  $d_k$  – диаметр кошмы тирующей;  $d_{пор}$  – средний диаметр пор породы;

РИС. 1. Соотношение размера частиц и пор горной породы



2. Концентрация кошмы тирующих твердых частиц должна быть не менее 5 процентов по объему от всех твердых частиц в створе.

Применив первый критерий к проникающей способности тмпонажного состава, получим новое правило. Чтобы чистота проникли в пористую горную,



приемистости скв жины, р вный отношении количеств р бочего гент , з к чив емого в пл ст в единицу времени, к репрессии, созд в емой н з бое скв жины при з к чке.

Коэффициент приемистости [(м³/сут)/МП ] скв жины определяется по формуле 3:

$$K = \frac{Q_B}{(P_{заб} - P_{пл})}, \quad (3)$$

где

$Q_B$  – р сход жидкости,

з к чив емый в скв жину, м³/сут;

$P_{заб} - P_{пл}$  – репрессия, созд в ем я н з бое скв жины (р зность з бойного и пл стового д влений), МП .

Потребность в полимерных т мпн жных сост в х, не содержащих в своем составе твердые взвешенные ч стицы, возрастает по мере снижения приемистости скв жин.

Ч ще всего для борьбы с обводненностью скв жин при проведении РИР применяют т мпн жные р створы н основе портл ндцемент в виду их

средний р змер твердых ч стиц должен быть меньше одной трети среднего р змер пор горной породы:

$$d_{тв.ч.} \leq \frac{1}{3} d_{пор}. \quad (2)$$

Из второго критерия условно можно сделать вывод, что ч стиц того р змер должно быть не более 5% от общего объема твердых ч стиц р створ .

Н рисунке 2 отобрано р спределение р змеров ч стиц т мпн жных м тери лов, измеренное с помощью л зерного дифракционного н лиз тор р змеров ч стиц SALD 7101 фирмы Shimadzu (Япония).

К к видно из график , у ПЦТ-1-50 95% ч стиц имеет диаметр 40 мкм, у Микродур (Dyckerhoff Mikrodur) – 12 мкм, у оксид м гния – 3 мкм.

Т ким образом, можно сделать вывод о возможности применения того или иного тип т мпн жного м тери л (таблица 1).

Следовательно, исходя из данных таблицы, триционный цемент способен проникать

в поры р змером более 200 мкм, микроцемент – более 50 мкм, м гнезильный цемент – более 10 мкм.

Выбор изолирующего м тери л во многом определяется приемистостью скв жины в интервале н рушений. В технологических р счт х используется коэффициент

РИС. 2. Р спределение р змеров ч стиц некоторых т мпн жных м тери лов

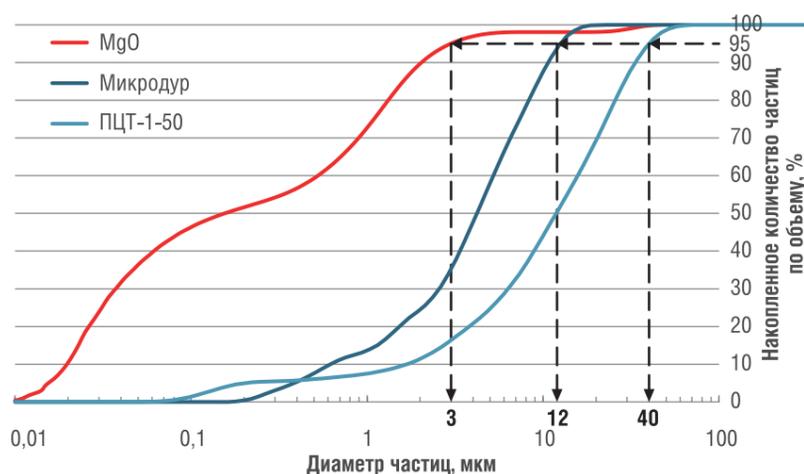


ТАБЛИЦА 1. Проник ющ я способность т мпн жных м тери лов

Т мпн жный м тери л	Приведенный р змер ч стиц, мкм	Средний р змер пор, мкм			
		>200	50	10	≤5
ПЦТ-1-50	3×40 = 120	+	–	–	–
Микродур	3×12 = 36	+	+	–	–
MgO	3×3 = 9	+	+	+	–
Синтетические смолы (фенолформ льдегидн я, эпоксидн я)	–	+	+	+	+

РИС. 3. Проникновение сост в из эпоксидной смолы в песчаную п чку



экономической доступности. Однако т мпн жный портл ндцемент не может полностью соответствовать р зличным требованиям промышленной практики, в определенных условиях ок зывается полностью непригодным для водоизоляционных р бот.

Н сегодняшний день р зр бот ны рецептуры отверждающихся т мпн жных сост вов н основе микроцемент [6], м гнезильного цемента и других структурообразователей с меньшим р змером ч стиц для улучшения проникающей способности. Такие суспензии применяют для р бот, в которых использовались традиционный цемент нецелесообразно.

В том случае когда необходимо максимально возможное проникновение изолирующего м тери л , применение цементных р створов может быть неэффективно. Поэтому целесообразно использовать синтетические смолы. Составы н основе смол, ввиду отсутствия в составе твердых взвешенных ч стиц, могут глубоко проникать в поры и обеспечивать полную герметизацию микротрещин и к н лов к в пл сте, к к и в цементе.

В НОЦ «Промыслов я химия» исследуются составы н основе фенолформ льдегидных, цетонформ льдегидных и эпоксидных смол. В л бортории технологических жидкостей для ремонта и бурения скв жин были р зр бот ны двухкомпонентные системы из смолы и отвердителя. Образованные сшитой полимерной структуры в т ких м тери л х возникет з счет реакции полимеризации и поликонденсации.

Проиллюстрировать проникающую способность смол можно с помощью песчаной п чки. Полимерная жидкость н основе эпоксидной смолы смогла легко пройти через п чку песок (рисунок 3). С течением времени смоляной состав образует трехмерную сшитую структуру и з твердел во всем объеме песка. Недостатком смоляных составов н днный момент является высокая стоимость по сравнению с цементными.

### Выводы

Эффективность ремонтно-изоляционных р бот в основном зависит от качества т мпн жного м тери л . В данной работе исследованы р зр бот ные в л бортории НОЦ «Промыслов я химия» т мпн жные составы н основе микроцемент , м гнезильного цемента , синтетических смол. Показано р спределение р змеров ч стиц т мпн жных составов н основе минеральных вяжущих. Проведены оценки проникающей способности р зр бот ных т мпн жных р створов. ●

### Литература

- Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 т.: монография / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар: Издательский Дом – Юг. – Т. 2. – 2012. – 576 с.
- Физика нефтяного и газового пласта. Гиматулинов Ш. К. Учебник. Изд. 2, перераб. и доп. – М.: «Недра», 1971. – 312 с.
- Демахин С.А., Демахин А.Г. Химические методы ограничения водопитока в нефтяные скважины: Справочное пособие. – М.: «Издательский дом Недр», 2011. – 213 с.
- Викторин В.Д., Лыков Н.А. Разработка нефтяных месторождений, приуроченных к карбонатным коллекторам. – М.: «Недра», 1980. – 202 с.
- Abrams A. Mud design to minimize rock impairment due to particle invasion // SPE-5713-PA, 1977.
- Магадова Л.А., Ефимов Н.Н., Козлов А.Н., Шидгинов З.А., Ефимов М.Н. К вопросу повышения качества ремонтно-изоляционных работ в низкопроницаемых коллекторах нефтяных и газовых скважин // Территория Нефтегаз. – 2012. – № 6. – С. 80–87.

KEYWORDS: repair and insulation works (RIW), plugging composition, penetration capacity, the pore space, portlandcement, microcement, particle size, synthetic resins.



# ПОЛИМЕРНЫЕ СУСПЕНЗИИ для эффективного бурения

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗНАЧИТЕЛЬНО ВЛИЯЮТ НА ТЕХНОЛОГИЮ ПРОВОДКИ СКВАЖИНЫ И ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ. ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭТИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ БУРЕНИИ НЕГЛУБОКИХ СКВАЖИН МОГУТ ПРИМЕНЯТЬСЯ ГЛИНОПОРОШКИ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ПРИ БУРЕНИИ БОЛЕЕ ПРОТЯЖЕННЫХ СТВолов. КРОМЕ ТОГО, ПОЛИМЕРНЫЕ РЕАГЕНТЫ МОГУТ ВЫПОЛНЯТЬ РЯД ДРУГИХ ФУНКЦИЙ, ТАКИХ КАК ИНГИБИРОВАНИЕ, ИНКАПСУЛЯЦИЯ, ФЛОКУЛЯЦИЯ И Т.Д. ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ПРИМЕНЯЮТСЯ ПОЛИМЕРНЫЕ ПОЛИСАХАРИДНЫЕ РЕАГЕНТЫ, ТАКИЕ КАК КМЦ, ПАЦ

*RHEOLOGICAL AND FILTRATION PROPERTIES SIGNIFICANTLY AFFECT THE TECHNOLOGY OF WELL MAKING AND THE LIKELIHOOD OF COMPLICATIONS. TO REGULATE THESE PARAMETERS WHEN DRILLING SHALLOW WELLS, MUD POWDERS AND SPECIALIZED POLYMERS CAN BE USED WHEN DRILLING LONGER WELL HOLES. IN ADDITION, POLYMERIC REAGENTS CAN PERFORM A NUMBER OF OTHER FUNCTIONS, SUCH AS INHIBITION, ENCAPSULATION, FLOCCULATION, ETC. TO REGULATE THE RHEOLOGICAL AND FILTRATION PROPERTIES, POLYMERIC POLYSACCHARIDE REAGENTS SUCH AS CMC, PAC ARE MOST WIDELY USED*

Ключевые слова: суспензия, ст бильность, полимерный ре гент, буровой р створ, предотвр щение осложнений.

**Королев  
Алексей Сергеевич**

Инженерная школа  
природных ресурсов ТПУ,  
аспирант ОНД

**Мин ев  
Конст нтин М дестович**

Инженерная школа  
природных ресурсов ТПУ,  
к.х.н., доцент ОНД

Эффективность применения полимеров определяется количеством ре гент , необходимого для прид ния промывочной жидкости требуемых свойств, и з висит от концентр ции и скорости р створения ре гент .

Проблемой использов ния полимерных ре гентов при приготовлении промывочных и других технологических жидкостей (н пример, при полимерном з воднении при орг низ ции системы ППД) является обр зов ние гламер тов

полимер , которые трудно подд ются диспергиров нию [1, 2]. Обычно обр ботк бурового р створ производится с огр ничением скорости ввод ре гент , н пример 15–20 минут н мешок, при которой р змер обр зующихся гламер тов не ок зыв ет существенного влияния н промывочную жидкость. В случ е когд требуется быстр я обр ботк большого объем промывочной жидкости, ввод полимер может привести к обр зов нию зн чительных по р змеру гламер тов.

Д нные гламер ты получили н зв ние «рыбий гл з» [1–3]. Они возник ют, когд ч стицы полимер н чин ют гидр тиров тья и н их поверхности появляется оболочк из высоковязкого геля.

УДК 622.24.063.2

РИС. 1. Слоист я структур р створяющегося полимер



Д нные оболочки обл д ют высокой липкостью и прочностью. В результ те, если ч стицы не были диспергиров ны и н ходились дост точно близко друг к другу, происходит слип ние оболочек и обр зов ние гламер т . Д нные структуры р створяются н много дольше з счет меньшей площ ди конт кт с водой, из-з обр зов ния дост точно прочной оболочки не подд ются повторному диспергиров нию. Появление этих гламер тов способно привести к зн чительным проблем м не только н поверхности, но и в скв жине.

В условиях буровой формиров ние гламер тов приводит к увеличению времени приготовления промывочной жидкости в целом. З счет высокой липкости слоя геля происходит потеря полимерного ре гент з счет его ос ждения н оборудов ние. Т кже не р створившийся полимер способен з бив ть сит и фильтры, приводить к ч стичному или полному з купорив нию гидр влических линий. При поп д нии гламер тов полимерного ре гент в скв жину они могут приводить к з купорив нию перфор ционных отверстий, фильтров-хвостовиков, к н рушению прониц емости гр вйных фильтров. Агломер ты небольшого р змер способны приводить к уменьшению прониц емости приз бойной зоны пл ст [3]. При этом их уд ление предст вляет серьезную проблему.

Т ким обр зом, предотвр щение обр зов ния гламер тов при использов нии полимерных ре гентов является кту льной з д чей, решение которой положительно ск жется н процессе строительств скв жины в целом. Для этого необходимо дет льное поним ние поведения полимерных ре гентов при конт кте их с р створителями.

При р створении неполимерного м тери л в подходящем р створителе процесс н чин ется

спр зу и определяется внешним сопротивлением м ссообмен через слой жидкости, непосредственно прилег ющий к поверхности р здел р створитель – р створяемое вещество.

Для полимеров процесс р створения р ссм трив ется ин че. Причин этого: р змер молекул полимеров зн чительно превышает р змер молекул р створителя [4]. Весь процесс можно р зделить н две ст дии: ст дию диффузии молекул р створителя в полимер и ст дию «р спутыв ния» или отрыв цепей. При этом формируется слоист я структур , состоящ я из шести слоев. Кроме слоев нез тронутого полимер и чистого р створителя, выделяются слои инфильтр ции, твердый н бухший, гелеобразный и жидкий, т.е. р створ полимер (рисунок 1) [5].

В процессе р створения полимер лимитирующим процессом является проникновение молекул р створителя через гелеобразный слой вглубь ч стицы, пок это происходит, ч стицы полимер некоторое время пребыв ют в р створе. При этом если полимер не был диспергиров н при конт кте с р створителем, т.е. поступил в форме комк или гламер т , то проникновение р створителя н чнется только в те ч стицы полимер , которые н ходились н поверхности гламер т . Это приведет к формиров нию объединенной слоистой структуры, котор я будет изолиров ть внутренние ч стицы от гидр тиров ния. Гелеобразный слой в полимерной ч стице обл д ет большой прочностью, поэтому повторное диспергиров ние обр зов вшегося гламер т з трудно. Т ким обр зом, эти структуры могут н ходиться в не р створившемся виде длительное время, до тех пор пок в их внутреннюю ч сть не проникнет р створитель.

Решение проблемы неудовлетворительного диспергиров ния, которое вызыв ет формиров ние грегов, возможно с применением р зличных способов. К ждый из этих способов ре лизует появление з держки гидр тиров ния ч стицы полимер . Существуют следующие возможные решения:

- суспензии полимер , при которой з держку перед гидр тиров нием обеспечив ет слой жидкости, р зделяющий ч стицы;
- поверхностн я модифик ция ч стиц полимер , котор я включ ет обр ботку ч стиц полимер дисперг тор ми или поверхностное сшив ние молекул полимер .

Суспензии являются перспективным н пр влением, поскольку не только способны обеспечить предотвр щение обр зов ния гламер тов, т кже обеспечив ют возможность мех низ ции ввод полимерного ре гент . Они предст вляют собой взвесь ч стиц полимер в буферной жидкости (жидкости-носителя), котор я не вызыв ет гидр т ции этого полимер и может быть уд лен с его поверхности при конт кте с водой.

К суспензиям предъявляется несколько обяз тельных требов ний. Первое – седимент ционн я устойчивость. Если суспензия нест бильн , то взвешенный полимер вып д ет в ос док, формируя плотную уп ковку, т кже н зыв емую «hard pack», что не позволяет ему полностью диспергиров тья при поп д нии в воду, поскольку толщин слоя жидкости между ч стиц ми ст новится недост точной. Необходимо добив тья т кой ст бильности суспензии, когд буферн я жидкость не отделяется совсем или формируется рыхл я уп ковк («soft pack»), при которой между ч стиц ми полимер сохр няется



РИС. 2. Обр зец нест бильной суспензии КМЦ в дизельном топливе



слой жидкости дост точной толщины. Пример нест бильной суспензии, формирующей плотную уп ковку, изобр жен н рисунке 2. Видно, что осевший полимер не возвр щ ется во взвешенное состояние при перевор чив нии емкости – т кую суспензию з труднительно диспергиров ть повторно.

В к честве жидкостей-носителей могут применяться к к водор створимые, т к и водонер створимые жидкости. В к честве водонер створимой жидкости-носителя н ибольшее

предпочтение отд ется дизельному топливу, поскольку для него существует большое количество методов модифик ции реологических свойств. Суть этих методов сводится к прид нию дизельному топливу тиксотропных свойств или увеличению вязкости без изменения реологической модели. Второй способ не подходит для созд ния суспензий, поскольку не обеспечив ет поддерж ния ч стиц во взвешенном состоянии. Поэтому для применения в суспензиях дизельному топливу прид ются неньютоновские свойств путем созд ния тонкодисперсной суспензии гидрофобных ч стиц-ст билиз торов.

Водор створимые жидкости-носители являются более предпочтительными. Это связ но с тем, что они не обр зуют пленку н поверхности бурового р створ , т кже могут ок зыв ть меньшее влияние н свойств промывочной жидкости. Сложности использов ния водор створимых жидкостей связ ны с подбором ст билиз тор , т кже с более

высокой стоимостью. В д нной р боте в к честве водор створимой основы для суспензии использов лся флоторент окс ль Т-92. Выбор обусловлен тем ф ктом, что при доб влении в буровой р створ Т-92 уменьш ет липкость фильтр ционной корки, что приводит к снижению вероятности дифференци льного прихв т [6].

Испыт ние ст бильности суспензионной формы полимеров з ключ ется в приготовлении 10 мл суспензии с м ссовой долей полимер 33%. Приготовленн я суспензия помещ ется в мерный цилиндр со шк лой, прогр дуиров нной до 10 мл и ценой деления 0,2 мл, и ост вляется в покое в течение з д нного времени. К ждые 24 ч с в течение трех суток визу льно определяется объем жидкости, свободной от полимер . Результ т испыт ния з писыв ется к к доля свободной жидкости от всего объем суспензии. В к честве суспендируемого полимер использов лсь поли нионн я целлюлоз (ПАЦ).

ТАБЛИЦА 1. Результ ты испыт ния суспензий полимер н ст бильность

Сост в основы (процент от м ссы суспензии)	Процент свободной жидкости, %			После 3 суток	Процент свободной жидкости, %	После 10 суток	
	24 ч (1 сутки)	48 ч (2 суток)	72 ч (3 суток)				
Окс ль Т-92	Без доб вок	20,0%	45,0%	45,0%	hard pack	–	
	4% орг. гл.	26,1%	43,0%	43,0%	hard pack	–	
	2% орг. гл. + 2% ИПС	25,1%	46,0%	46,1%	hard pack	–	
	2% орг. гл. + 2% H2O	26,8%	45,8%	45,8%	hard pack	–	
	4% орг. гл. + 4% ИПС	33,5%	47,1%	47,1%	hard pack	–	
	4% орг. гл. + 4% H2O	31,9%	46,5%	46,5%	hard pack	–	
ДТ	Без доб вок	46,3%	46,3%	46,3%	hard pack	–	
	1% орг. гл.	45,8%	45,8%	45,8%	hard pack	–	
	2% орг. гл.	45,8%	45,8%	45,8%	hard pack	–	
	4% орг. гл.	41,2%	45,2%	45,2%	hard pack	–	
	6% орг. гл.	0,8%	1,3%	1,3%	Ст б.	2,7%	Ст б., soft pack
	8% орг. гл.	0,4%	0,7%	0,7%	Ст б.	1,0%	Ст б., soft pack
	1% соль ЖК	25,7%	26,5%	26,5%	Пригод., soft pack	26,5%	Пригод., soft pack
	1,5% соль ЖК	13,9%	13,9%	15,3%	Ст б.	15,3%	Ст б., soft pack
	2% соль ЖК	3,5%	8,6%	11,4%	Ст б.	11,4%	Ст б., soft pack
	2,5% соль ЖК	1,4%	5,7%	6,4%	Ст б.	8,6%	Ст б., soft pack
3% соль ЖК	1,4%	2,8%	2,8%	Ст б.	2,8%	Ст б., soft pack	

РИС. 3. Обр зцы суспензий н основе окс ля и дизельного топлив



– нест бильн я суспензия ПАЦ в окс ле;  
б – нест бильн я суспензия ПАЦ в дизельном топливе;  
в – ст бильн я суспензия ПАЦ в дизельном топливе, ст билизирив ном 6% орг ноглины;  
г – ст бильн я суспензия ПАЦ в дизельном топливе, ст билизирив нн я 2% соли ЖК

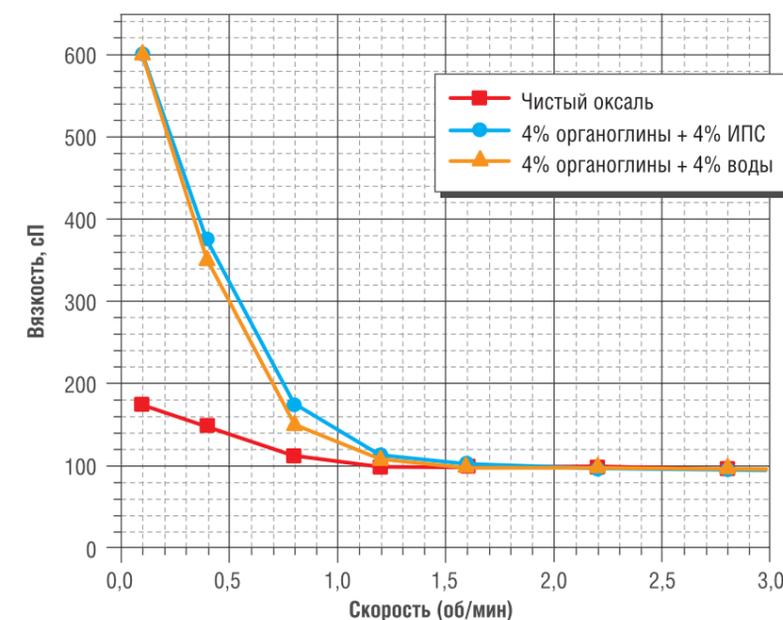
Суспензия полимеров счит ется ст бильной, если по истечении 72 ч объем свободной жидкости не превыш ет 25% от объем исходной суспензии. Суспензии, призн нные ст бильными по результ т м 72-ч сового отст ив ния, сохр няются для д льнейшего испыт ния ст бильности и ост вляются дополнительно н 7 суток с контролем количеств отделившейся жидкости по истечении этого времени. Суспензии, призн нные нест бильными, повторно перемешив ются для определения х р ктер уп ковки полимер . Если полимер предст вляет собой рыхлый ос док («soft pack»), который для повторного диспергиров ния не требует больших усилий, то суспензия призн ется пригодной к использов нию, несмотря н седимент ционную нест бильность. После чего вновь диспергиров нн я суспензия ост вляется в покое н 10 суток с контролем количеств отделившейся жидкости по истечении этого времени. Если отделившийся полимер предст вляет собой плотный ос док («hard pack»), то суспензия призн ется непригодной к использов нию. Суспензии, отстоявшиеся в течение 10 суток, перемешив ются для определения х р ктер уп ковки ос дк .

Для испыт ния несущей способности буферной жидкости проводится исследов ние ее реологического профиля н рот ционном вискозиметре Brookfield DV3T. Для этого готовится обр зец буферной жидкости объемом 10 мл и помещ ется в ячейку вискозиметр при комн тной темпер туре. Результ т измерения

предст вляет собой зн чения вязкости и н пряжения сдвиг при р зличных зн чениях скорости сдвиг .

Для ст билиз ции жидкостей-носителей использов лся коллоидный ст билиз тор – орг ноглин , рекомендуем я для использов ния в обеих жидкостях. Для ст билиз ции окс ля были испыт ны концентр ции орг ноглины в 2 и 4%. Поскольку выбр нн я орг ноглин не н бух ет в среде окс ля, в сост в суспензии были доб влены ктив торы: вод и ИПС. По итог м испыт ний ст бильность суспензии н основе окс ля Т-92 не был достигнут : при выбр нных концентр циях ст билиз тор по истечении 24 ч сов весь содерж щийся полимер

РИС. 4. З висимость вязкости окс ля от содерж ния орг ноглины



и орг ноглин вып д ли в плотный ос док («hard pack»), что не позволяло использов ть суспензию по н зн чению. Результ ты приведены в т блице 1.

Для обеспечения ст бильности суспензии н основе дизельного топлив было использов но дв компонент : орг нофильн я глин и соль жирной кислоты [7]. Седимент ционн я ст бильность при использов нии орг ноглины достиг ется при миним льной концентр ции 6% от м ссы суспензии.

Использов ние соли жирной кислоты прид ет дизельному топливу з метную удержив ющую способность уже при концентр ции в 1%. При концентр ции 1,5% суспензия ст новится ст бильной согл сно принятому определению. Результ ты предст влены в т блице 1.

Н рисунке 3 приведены фотогр фии ст бильных и нест бильных суспензий по результ т м отстоя в течение 10 суток.

Были определены реологические свойств окс ля Т-92 в чистом виде и после доб вления в него орг ноглины с ктив тором. К к видно из гр фик н рисунке 4, окс ль Т-92 к к в чистом виде, т к и с доб влением ст билиз тор не проявляет неньютоновские свойств . З метное отличие вязкости прослежив ется при

РИС. 5. Зависимость вязкости дизельного топлива от содержания органоглины

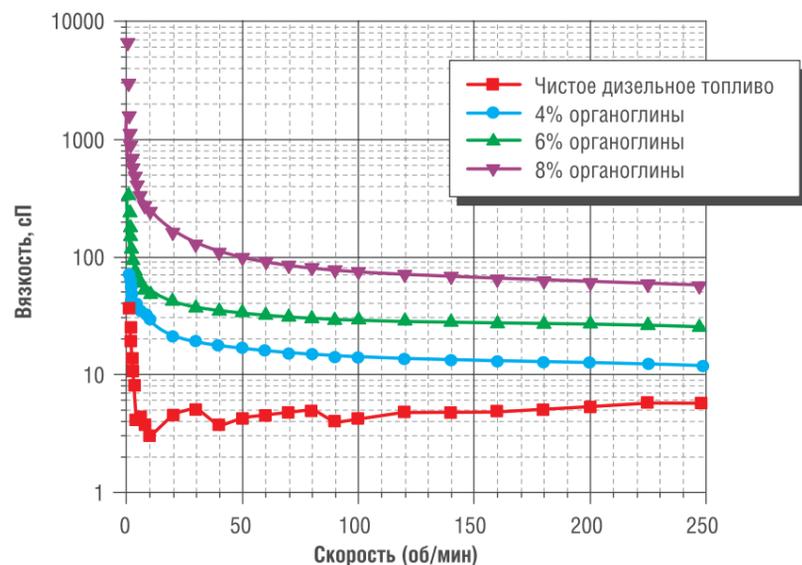
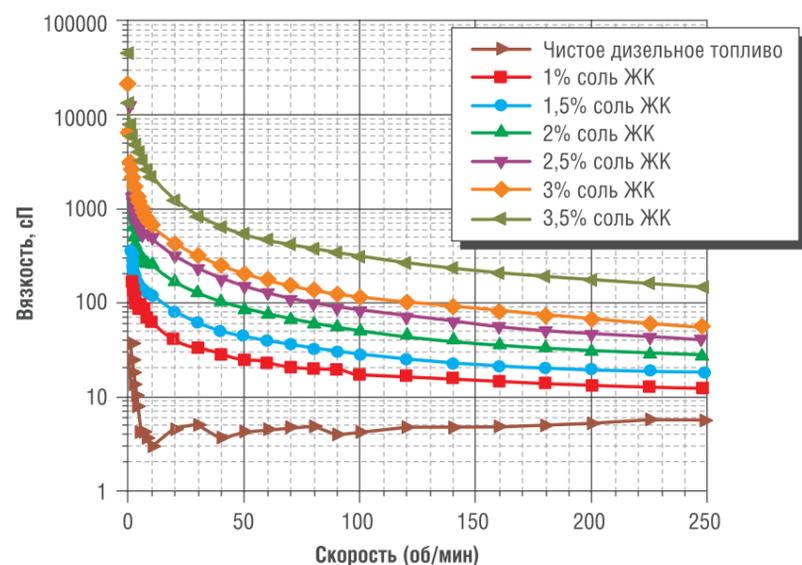


РИС. 6. Зависимость вязкости дизельного топлива от содержания соли ЖК



скорости вращения шпинделя до 3 об/мин, после чего значение вязкости выходит на постоянное значение. Это подтверждает отсутствие стабильности суспензий на основе оксидов.

Исходя из графика на рисунке 5, стабильность суспензии на основе дизельного топлива и органоглины достигается при вязкости при низких скоростях сдвиг (НСС) не меньше 1200 сПз.

Из графика на рисунке 6 видно, что соль ЖК придает дизельному топливу более выраженные свойства псевдопластичной жидкости. При сопоставимых вязкостях при НСС вязкость при высоких скоростях сдвиг (ВСС)

у составов с солью ЖК существенно ниже, чем у составов с органоглиной.

Таким образом, из выбранных для исследования жидкостей для создания суспензий полимеров наиболее подходящей является дизельное топливо. Суспензии на его основе стабильны и могут храниться длительное время, сохраняя свои свойства, что в значительной степени при использовании композиций при бурении скважин. Суспензии на основе оксидов и использованных стабилизаторов непригодны для применения из-за низкой седиментационной стабильности.

Недостатком суспензий в целом является низкое содержание действующего компонента,

что увеличивает их транспортные характеристики. Также эти композиции значительно дороже из-за введения дополнительного компонента – буферной жидкости. Поэтому необходимо добиваться комплексного действия, чтобы буферная жидкость могла положительно влиять на свойства промывочной жидкости и это оправдывало повышение стоимости.

Также было показано, что соль ЖК является более эффективным стабилизатором суспензий на основе дизельного топлива, поскольку при меньшей концентрации обеспечивается лучшее стабилизирующее действие. Кроме того, из полученных результатов видно, что увеличение концентрации стабилизатора на 1% приводит к значительному увеличению вязкости при ВСС. Тем не менее суспензия с такими показателями вязкости остается текучей и не требует предварительного перемешивания для разрушения структуры. Следовательно, имеется потенциал для увеличения концентрации полимера в суспензии.

**Литература**

1. Трушин С.И. Управление трассами наклонно-направленных скважин при бурении в многолетнемерзлых горных породах со сложной тектоникой / С.И. Трушин, А.И. Осечкин, М.Ю. Малых, А.В. Пак, А.И. Шенгалъц // Разведка и охрана недр. – 2019. – № 8. – С. 32–37.
2. Химченко П.В. Анализ технологических возможностей и ограничений для применения технологии полимерного заводнения на месторождениях России и стран ТС в современном налоговом режиме / П.В. Химченко // Нефть. Газ. Новации. – 2016. – № 12. – С. 68–70.
3. Химченко П.В. Алгоритм внедрения технологии полимерного заводнения от лаборатории до реализации на новых и выработанных месторождениях // Нефть. Газ. Новации. – 2017. – № 8. – С. 30–43.
4. Рафиков С.Р. Введение в физико-химию растворов полимеров / С.Р. Рафиков, В.П. Будтов, Ю.Б. Монаков. – М.: Наука, 1978. – 328 с.
5. Beth A. Miller-Chou, Jack L. Koenig A review of polymer dissolution // Prog. Polym. Sci. 28 – 2003. – С. 1223–1270.
6. Петров Н.А. Исследование оксалей в качестве комплексных реагентов для бурения и освоения скважин / Н.А. Петров, Г.В. Конесев, А.В. Коренько, И.Н. Давыдова // Нефтегазовое дело. – 2006 – № 2. – С. 11–33.
7. Жорник В.И. Влияние наноразмерных добавок на формирование дисперсной фазы пластичных смазок / В.И. Жорник // Вестник Витебского государственного технологического университета / ВГУ. – Витебск, 2013. – С. 82–89.

**KEYWORDS:** suspension, stability, polymer reagent, drilling mud, prevention of complications.

7-8 апреля | 2021

Москва | InterContinental Moscow-Tverskaya

www.rogsummit.ru



**РОССИЙСКИЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ САММИТ**



# ГЛОБАЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КНР

НИ ОДИН ИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА ОКАЗАЛСЯ НЕ В СОСТОЯНИИ ОБЕСПЕЧИТЬ ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГЛОБАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ. В СВЯЗИ С ЭТИМ МОЖНО ПОЛАГАТЬ, ЧТО ФАКТИЧЕСКОЕ ОТСУТСТВИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ КЛЮЧЕВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМОЙ СОВРЕМЕННОГО МИРА. С РАСТУЩЕЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ ОТ ПОСТАВОК ЭНЕРГОРЕСУРСОВ КИТАЙ СТАЛ ВСЕ БОЛЬШЕ УЧАСТВОВАТЬ В МЕЖДУНАРОДНОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ И В ГЛОБАЛЬНОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ. ОДНАКО ВЛАСТИ КНР ПРОДОЛЖАЮТ РАССМАТРИВАТЬ СТРАТЕГИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИШЬ КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ БОЛЕЕ ШИРОКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ. В СВЯЗИ С ЭТИМ КИТАЙ УДЕЛЯЕТ БОЛЬШЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОДВИЖЕНИЮ ОФИЦИАЛЬНОЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ. КНР ПРОДОЛЖАЕТ ПОТРЕБЛЯТЬ БЕСПРЕЦЕДНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, И ПРИ ЭТОМ ТЭК КИТАЯ ИГРАЕТ КЛЮЧЕВУЮ РОЛЬ В ПОДДЕРЖАНИИ ТЕМПОВ РОСТА ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ, ПОЭТОМУ ЕГО РАССМОТРЕНИЕ ВЫЗЫВАЕТ СЕРЬЕЗНЫЙ ИНТЕРЕС

*NONE OF THE EXISTING MECHANISMS FOR REGULATING THE ENERGY MARKET HAS BEEN ABLE TO IMPROVE THE SUSTAINABILITY OF GLOBAL ENERGY GOVERNANCE. IN THIS REGARD, WE CAN ASSUME THAT THE ACTUAL LACK OF GLOBAL ENERGY GOVERNANCE IS A KEY ENERGY PROBLEM IN THE MODERN WORLD. WITH ITS GROWING DEPENDENCE ON ENERGY SUPPLIES, CHINA HAS BECOME INCREASINGLY INVOLVED IN INTERNATIONAL ENERGY COOPERATION AND GLOBAL ENERGY GOVERNANCE. HOWEVER, THE CHINESE AUTHORITIES CONTINUE TO VIEW THE ENERGY SECURITY STRATEGY ONLY AS A NECESSARY COMPONENT OF A BROADER NATIONAL GEOPOLITICAL STRATEGY. IN THIS REGARD, CHINA ATTACHES MORE IMPORTANCE TO THE PROMOTION OF THE OFFICIAL GEOPOLITICAL STRATEGY. CHINA CONTINUES TO CONSUME AN UNPRECEDENTED AMOUNT OF ENERGY RESOURCES, AND AT THE SAME TIME, CHINA'S FUEL AND ENERGY SECTOR PLAYS A KEY ROLE IN MAINTAINING THE COUNTRY'S ECONOMIC GROWTH RATE, SO ITS CONSIDERATION IS OF SERIOUS INTEREST*

Ключевые слова: Китай, глобальное энергетическое управление, энергетика, топливно-энергетический комплекс, энергетическая безопасность.

УДК 330.32

## 3 х ров Александр Николаевич

профессор, доктор экономических наук, профессор кафедры мировой и национальной экономики, ВАВТ Минэкономразвития России

## Русик Никит Андреевич

соискатель кафедры мировой и национальной экономики, ВАВТ Минэкономразвития России

Серьезное противоречие сегодняшнего состояния дел в энергетической сфере заключается в том, что использование энергии на основе ископаемого топлива, с одной стороны, обеспечивая относительно дешевый импульс для развития мировой экономики, но также вызывает серьезные экологические последствия. С тем чтобы решить данное противоречие, широко стал обсуждаться тем глобального энергетического управления, который должен, с одной стороны, совершенствовать механизмы глобального энергетического обмена, с другой – минимизировать экологический ущерб, наносимый окружающей среде.

Несомненно, описываемые вызовы вызывают несправедливую конкуренцию в неравном распределении энергетических ресурсов по земному шару и последствиями глобализации и рыночной экономики, которые в свою очередь и являются движущей силой изменений в энергетической сфере.

Современный энергетический рынок объективно является благоприятным для развития ископаемого топлива, поскольку продвижение новых источников энергии и трансформация энергетической структуры требуют серьезных коллективных усилий международного сообщества. К сожалению, ни один из существующих механизмов не в состоянии обеспечить повышение устойчивости глобального управления в сфере энергетики.

## Китай в глобальном энергетическом управлении

Несмотря на то, что энергетическая безопасность является одним из ключевых элементов национальной безопасности государств, на глобальном уровне регулирование в данной сфере все еще остается крайне трудным. В связи с этим можно сказать, что фактическое отсутствие глобального энергетического

управления является ключевой энергетической проблемой современного мира.

Глобальное энергетическое управление имеет ключевое значение для глобальной структуры энергоснабжения, общего объема добычи энергоресурсов и их распределения, но основной вопрос глобальной энергетической проблематики заключается в том, как коллективные действия всех сторон и в каких масштабах будут способствовать реструктуризации энергетического ландшафта в мире. Нынешняя структура глобального энергетического управления отражает глобальную структуру использования энергоресурсов, основанную на рыночном обмене ресурсами, но эта структура все еще не учитывает первоначальным спросом и предложением, а также институциональным балансом на мировом энергетическом рынке; во-вторых, проблем сопутствующего загрязнения окружающей среды вызывает беспрецедентное беспокойство у большинства стран, глобальное соглашение по климату пока что не приносит серьезных результатов. Глобальное энергетическое управление находится под серьезнейшим давлением реструктуризации и перемен. В недалеком будущем одним из ключевых факторов, определяющих управление глобального энергетического управления, станут односторонняя политика крупных энергетических держав, а также двустороннее сотрудничество на основе взаимовыгодных интересов.

При этом глобальное энергетическое управление является частью концепции, выходящей за рамки энергетической геополитики, которая по своей сути основана на идее игры с нулевой суммой с чрезмерным центром энергетическую конкуренцию между странами и независимость от двусторонней экономической дипломатии для обеспечения собственной энергетической безопасности. Глобальное энергетическое управление является же частью энергетической конкуренции к обычному экономическому товару, который полностью интегрирован в глобальный рынок, и поэтому энергетическая безопасность является глобальным общественным продуктом, который не может контролироваться одной или несколькими странами.

Сростущей зависимостью от поставок энергоресурсов Китаем стало все больше участие в международном энергетическом сотрудничестве и глобальном энергетическом управлении. Одним из основных векторов развития в данном направлении китайские власти считают углубление двустороннего сотрудничества со странами-экспортерами. Для Пекина крайне важно ратифицировать нефть, газ и уголь из других стран путем развития двусторонней энергетической кооперации.

Крайне сложно предсказать управление глобальным рынком энергетики без вовлечения в данные процессы КНР.

крупнейшего импортера и потребителя энергоресурсов. Китай, действительно, с каждым годом проявляет все больший интерес к участию в глобальном энергетическом управлении, сотрудничеству с крупнейшими институтами в сфере глобальной энергетики. Одной из причин столь интенсивного взаимодействия – это внешнее и внутреннее давление на Китай с тем, чтобы они ограничили загрязнение окружающей среды. Непрерывно на рубеже Китая идет опережающими темпами и стоит перед собой большие цели в сфере развития чистой энергетики.

Помимо этого, рост значения Китая на мировом энергетическом рынке может представлять угрозу существующей системе глобального управления энергетикой. В частности, стремление китайского руководства обеспечить потребности экономики в энергии за счет подписания договоров о производстве и поставке энергии на двусторонней основе может интерпретироваться как нарушение принципов свободной торговли и общепринятых правил осуществления инвестиций. Предложение более высоких цен в соревновании с рынком, а также сопутствующее осуществление масштабных социальных и экономических инвестиций делают Китай более удобным покупателем энергоресурсов в глазах их производителей.

Китай традиционно проявляет повышенное внимание к геостратегическим вопросам, которые в том числе могут касаться



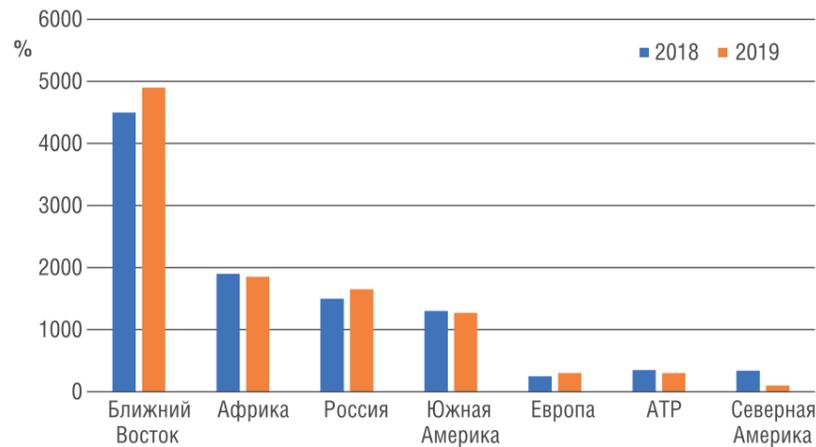
посток вокруг энергоресурсов. Поэтому с большой долей уверенности можно говорить, что китайская стратегия энергетической безопасности преследует цели лишь к необходимому компоненту более широкой национальной геополитической стратегии. В связи с этим власти Поднебесной уделяют чуть меньшее внимание глобальному энергетическому управлению, смещая акцент на продвижение национальной геополитической стратегии в целом.

### ТЭК Китая

Китай по-прежнему продолжает потреблять беспрецедентное количество энергоресурсов, и цифра эта с каждым годом становится лишь больше. Так, в 2018 году уровень потребления был зафиксирован на отметке 3273,5 млн тонн энергии, что составляет 23,6% от общего уровня мирового потребления.

Рассмотрение топливно-энергетического комплекса КНР стоит начать, конечно же, с угля, который является основным источником энергии в стране. Проведение работ и попытки снизить его роль в энергобалансе страны, но пока что говорить о серьезных результатах еще рано. В 2018 году страна произвела 46,7% мировой добычи угля и потребила 50,5%. В основном уголь используется в промышленности, которая сосредоточена на восточном побережье и в центре страны, это главным образом из-за

РИС. 1. Источники импорт сырой нефти в Китай (региональный уровень), 2018–2019 гг. (по расчетам авторов)



серьезной экологической проблемы, которая сложилась в стране в последние годы. Тем не менее власти Китая стремительно модернизируют энергетику, ставя своей основной целью создание ресурсосберегающего общества с бережным отношением к окружающей среде. Пекин стремится сократить долю использования угля за счет все большего использования других источников энергии.

Основные поставщики угля приходятся на Австралию, Индонезию, Монголию, Россию и Филиппины. Общий объем угля, закупленного Китаем у Индонезии в 2018 году, составил примерно 126 млн тонн, у Австралии – 80,4 млн тонн, у Монголии – 36,24 млн тонн, у России – 27,35 млн тонн, у Филиппин – 4,4 млн тонн.

Общий объем импорта из этих пяти стран превышает 274 млн тонн, что составляет 97,5% от общего объема импорта угля Китаем.

Что касается нефти, то страна испытывает особую нужду в этом энергоресурсе, ведь зависимость Китая от «черного золота» растет с каждым годом. Региональные структуры поставок нефти (рисунок 1) в КНР остаются почти что неизменными на протяжении последних лет. Ресурсы Ближнего Востока по-прежнему доминируют, доля ряд других регионов остается в основном стабильной. Доля сырой нефти, импортируемой с Ближнего Востока, в 2019 году составила 48,46%, увеличившись на 3,58% по сравнению с 2018 годом, в то время как в Африку, Россию, Европу, Южную Америку, Азиатско-Тихоокеанский регион и Северную Америку пришлось 18,33%, 16,18%, 13,08%, 2,58%, 2,61%, и 0,8% соответственно. В 2020 году, с развитием энергетического сотрудничества в контексте первой фазы китайско-американского торгового соглашения, доля североамериканских ресурсов, как ожидается, значительно возрастет, что позволит обновить эту структуру поставок.

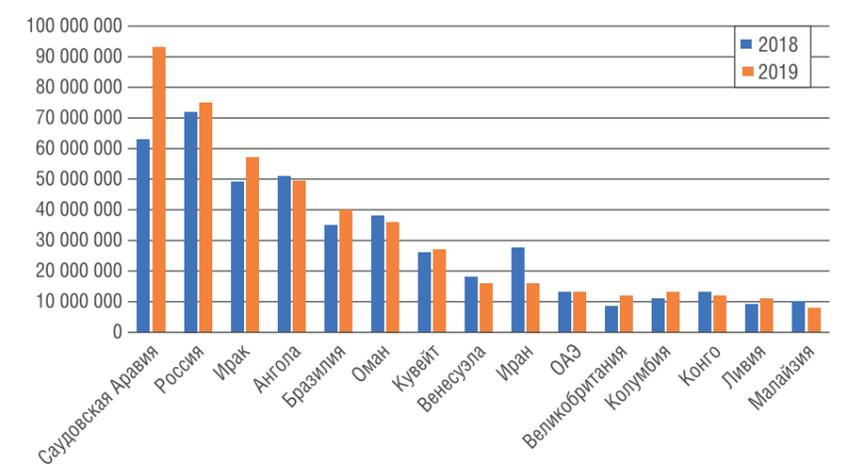
Динамика, составленная по данным Главного таможенного управления КНР, показывает, что в 2019 году КНР импортировала нефть из 43 стран (рисунок 2). На долю 15 ведущих в этом списке стран пришлось 93,62% импорта, а доля остальных – лишь 6,38%. Среди крупнейших стран-экспортеров Саудовская Аравия обогнала Россию и стала крупнейшим поставщиком сырой

нефти в Китай. Общий годовой объем импорта достиг 92,854 млн тонн, что составило 18,35% от общего импорта нефти в 2019 году; Россия, которая уже пять лет входит в число крупнейших экспортеров сырой нефти в Китай, смогла сохранить свои позиции. Определенный рост отечественных поставок наблюдается, но темпы роста отстают от соседних. Общий объем импорта составляет 75,856 млн тонн, что составляет 14,99%; Ирак прочно удерживает третье место по поставкам нефти с 57,663 млн тонн (11,40%); поставки из Анголы в прошлом году немного просели, составив 49,317 млн тонн (9,75%).

Если рассмотреть соотношение крупнейших поставщиков нефти Китаю, то нетрудно сделать вывод, что из четырех крупнейших поставщиков сырой нефти приходится более половины (54,49%) от общего объема поставок. Однако если воспользоваться картой и посмотреть на географические маршруты поставок нефти, то легко заметить, что маршруты поставок по меньшей мере трех основных поставщиков (Саудовская Аравия, Ирак, Ангола) совпадают. Это не совсем отвечает интересам КНР, особенно если учесть планы диверсификации и уязвимость этого канала поставок. Россия в этом отношении более выгодное положение.

С природным газом в КНР ситуация не столь критична. Согласно данным за 2018 год, собственные запасы природного газа Китая составляют 6,1 трлн кубометров (3,1% от общемирового объема). В 2018 году страна добыла

РИС. 2. Источники импорт сырой нефти в Китай (по странам), 2018–2019 гг. (по данным Главного таможенного управления КНР, доступ: <http://www.customs.gov.cn>)



161,5 млрд кубометров голубого топлива, потребила 283,0 млрд кубометров. Несмотря на то, что в 2019 году добыча газа увеличилась до 173,6 млрд кубометров, что на 9,8% больше предыдущего года, зависимость от зарубежных поставок по-прежнему крайне велика. С каждым годом страна продолжает импортировать все больше газа. Крупнейшими поставщиками газа традиционно являются Австралия и Катар, доля каждой страны составляет около 20% от общего объема импорта сжиженного газа (5783 и 5694 тыс. тонн соответственно). За ними следуют ОАЭ (16%, 5161 тыс. тонн), Малайзия (11%, 3434 тыс. тонн), США (9%, 2871 тыс. тонн), Индонезии (9%, 2869 тыс. тонн) и др.

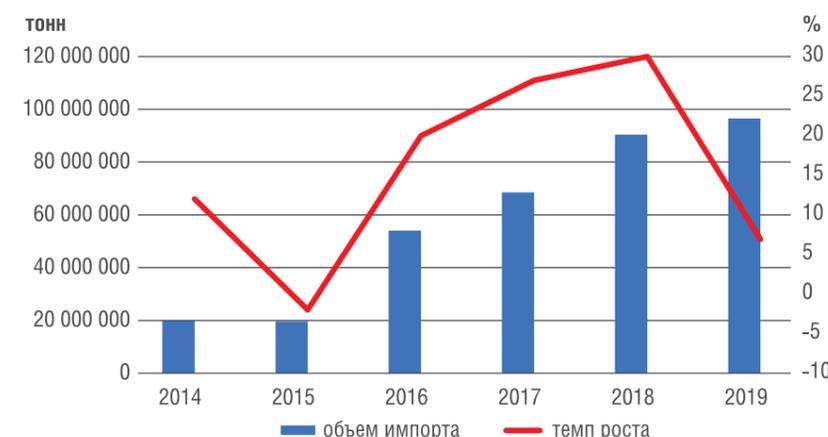
Темпы роста потребления природного газа в Китае значительно превышают темпы роста мирового потребления,

по сути, те же картина, что и с потреблением нефти. Высокие темпы роста обеспечиваются в первую очередь планом китайского руководства по постепенному замещению угля в энергопотреблении страны. Однако доля Китая в мировом потреблении природного газа ниже, чем в ситуации с нефтью: Китай потребляет в 3 раза меньше, чем США, и в 1,5 раза меньше, чем Россия. Однако если Китай удастся сохранить столь высокие темпы роста потребления природного газа, то в ближайшем будущем именно Китай обеспечит основной объем спроса на природный газ в мире (рисунок 3).

Россия имеет уникальные возможности по наращиванию поставок природного газа на рынок Китая, учитывая географическое расположение собственных газовых месторождений. В частности, речь идет о проекте «Сил Сибири», который был успешно реализован в конце 2019 года. Объем поставок на начальном этапе равен 5 млрд кубометров в год, с тем же темпом к 2025 году должен вырасти до 38 млрд кубометров в год. На данный момент это широко обсуждается возможность строительства еще двух магистральных газопроводов – проектов «Сил Сибири-2» и «Сил Сибири-3».

По итогам 2018 года Пекин увеличил объем импорта сжиженного природного газа в 1,5 раза до 49,6 млн тонн, став вторым по величине импортером сжиженного газа после Японии. В дальнейшем Китай продолжит наращивать закупки СПГ, тем

РИС. 3. Ежегодный импорт природного газа в Китай, 2014–2019 гг. (по расчетам авторов)



с мым сниж я долю угля в своем топливно-энергетическом секторе. Кит йцы р ссм трив ют все возможные в ри нты импорт СПГ, в том числе и из США. Одн ко из-з р згоревшегося торгового конфликт с США Кит й был вынужден продемонстриров ть свою нез висимость от пост вок мерик нской нефти и СПГ. Н протяжении всего 2017 год и до сентября 2018 год можно было н блюд ть стремительный рост пост вок СПГ из США в Кит й (всего з восемь месяцев 2018 год он увеличился н 17%, почти вдвое превысив н логичный пок з тель для Европы). В сентябре 2018 год В шингтон ввел 25%-ную пошлину н тов ры из Кит я стоимостью в сотни милли рдов долл ров. В ответ Кит й объявил о введении 10%-ной пошлины н мерик нский СПГ с 24 сентября 2018 год и прекр тил импорт мерик нского СПГ.

Эск л ция прямой торговой войны между США и Кит ем в целом приводит к более зн чительным потерям для США, чем для КНР, котор я может использовать ть альтерн тивные источники в условиях избытк пост вок нефти и СПГ н мировой рынок по приемлемым или д же более низким цен м. Но н свободу выбор т ких источников США влияют путем введения с нкций, в ч стности против Ир н и Венесуэлы. Эти стр ны до нед внего времени игр ли в жную роль в к честве пост вщиков нефти в Кит й.

Атомн я энергетик н чин ет игр ть все более в жную роль в энергетическом б л нсе Кит я. Кит й выполнил пл ны по увеличению доли томной

энергетики до 4% к 2020 году. Еще в 2018 году Кит й обогн л Россию в списке стр н-производителей томной энергии, произведя 10,9% мирового объем произведенной томной энергии. Кит й придержив ется стр теги диверсифик ции ядерных технологий, строит не только собственные томные электрост нции н своей территории, но и прибег ет к з купке ре кторов в других стр н х (Россия, Фр нция и др.).

Быстрый рост н блюд ется в использо в нии новых альтерн тивных источников энергии. Кит йское пр вительство уделяет особое вним ние этому энергетическому сектору. Т к, согл сно Энергетической стр теги н 2014–2020 годы, доля возобновляемых источников энергии в Н циион льном энергетическом б л нсе стр ны должн увеличиться до 15% в 2020 году. К слову, в 2015 году он сост влял уже 12%. Кит й обл д ет одним из крупнейших в мире потенци лом для производств солнечной и ветровой энергии. Еще в 2016 году Кит й обогн л США по использо в нию возобновляемых источников энергии (20% от общемирового пок з теля). Олицетворением успешного р звития солнечной энергетики в Кит е является Восточн я провинция Цзянсу, в которой р бот ет более 160 предприятий, з ним ющихся производством солнечного электрооборудов ния, т же получением электроэнергии и тепл из солнечного излучения.

В 2016 году н долю Кит я приходилось 28,9% мирового производств гидроэнергии.

Кит й произвел столько же гидроэнергии, сколько К н д , Соединенные Шт ты, Бр зилия и Российск я Федер ция вместе взятые. Все эти стр ны н р вне с Кит ем н ходятся в списке стр н-лидеров по производству гидроэнергетики. Н иболее ярким примером р звития гидроэнергетики в Кит е является крупнейш я в мире гидроэлектрост нция «Три ущелья» мощностью 22,5 млн кВт. Одн ко, помимо экономических выгод от эксплу т ции гидроэлектрост нции т кого уровня, не следует з бьв ть о н личии ряд экологических последствий, т ких к к эрозия русл рек, повышенн я сейсмическ я оп сность, ухудшение к честв воды, р зрушение берегов водохр нилищ и многих других.

Топливо-энергетический комплекс Кит я игр ет ключевую роль в поддерж нии темпов экономического рост стр ны. Без пр вильно сб л нсиров нной энергетической стр тегии вряд ли стр н сможет р звив ть все существующие отр сли экономики, при этом очень в жно сочет ть р звитие собственной стр теги с тр нсформ цией глоб льного энергетического рынк . ●

#### Литература

1. Захаров А.Н. Актуальные аспекты международной экономической безопасности России. *Внешнеэкономический бюллетень*. 2004. № 8. С. 43–46.
2. Захаров А.Н., Овакимян М.С. *Топливо-энергетические комплексы ведущих стран мира (Россия, США, Франция, Италия): учеб.пособие (2-е изд.: доп.)*. 2016. М.: МГИМО-Университет. 177 с.
3. Захаров А.Н., Русак Н.А. *Стратегия энергетической безопасности КНР – внешнеэкономический аспект*. *Российский внешнеэкономический вестник*. № 10. 2017. С. 23–29.
4. Захаров А.Н. *Роль механизмов государственно-частного партнерства в решении экономических и социальных проблем России. Мировое и национальное хозяйство*. 2011. № 1 (16). С. 2–7.
5. Shi H. (2004) *A Potential Threat to China's Energy Security: Overdependence on the Straits of Malacca*. *China Youth Daily* (режим доступа: [http://news.xinhuanet.com/world/2004-06/15/content\\_1526222.htm](http://news.xinhuanet.com/world/2004-06/15/content_1526222.htm)).
6. Goldthau A., Witte J.M. *The Role of Rules and Institutions in Global Energy: An Introduction. Global Energy Governance: The New Rules of the Game*. Washington D.C.: *Brookings Institution Press*.
7. А.С. Хз. *Глобальное управление в сфере энергетики: перспективы Китая*. *Вестник Международных Организаций*. Т. 11. № 1 (2016). С. 74.
8. *Главное таможенное управление Китайской Народной Республики* (режим доступа: <http://www.customs.gov.cn>).

KEYWORDS: *China, global energy governance, energy, fuel and energy complex, energy security.*

# КАК ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ ПРОЦЕСС ЗАКУПОК

## Спецпроект «Как цифровые технологии меняют процесс закупок»

О новых подходах к процессам снабжения, изменении бизнес-моделей под влиянием технологий, интеграции в виртуальной среде реальных физических процессов закупки и логистики, удобных сервисах и прозрачных операциях в рамках Isource

[isource.neftegaz.ru](http://isource.neftegaz.ru)

 **isource**<sup>®</sup>

# ТЕХНОЛОГИИ ИММЕРСИВНОГО ПОГРУЖЕНИЯ

## к фктор снижения риск при подготовке к дров в нефтег зовой промышленности

МИРОВАЯ НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОСТРО НУЖДАЕТСЯ В ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ И ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ КАДРАХ. СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЗВОЛЯЮТ ОБЕСПЕЧИВАТЬ УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС МЕТОДАМИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ВОВЛЕЧЕНИЕМ МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ОРГАНОВ ЧУВСТВ И МЕХАНИЗМОВ ЗАПОМИНАНИЯ. К ТАКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ ОТНОСИТСЯ И ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (VR). АВТОРАМИ СТАТЬИ РАЗРАБОТАН ПИЛОТНЫЙ ТРЕНАЖЕР-СИМУЛЯТОР БУРЕНИЯ СКВАЖИН (ТСБС). ТСБС – НЕЗАВИСИМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, КОТОРОЕ В КОМПЛЕКСЕ С ПЛАТФОРМОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ УСТАНОВЛИВАЕТСЯ В УЧЕБНУЮ АУДИТОРИЮ. НА ДАННЫЙ МОМЕНТ СОЗДАН СИМУЛЯТОР, ДЕМОНИСТРИРУЮЩИЙ ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО БУРОВОЙ УСТАНОВКИ БУ 4200/250, БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ БУРОВОГО РАСТВОРА И БУРОВЫЕ НАСОСЫ. СИМУЛЯТОР РАБОТАЕТ В РЕЖИМЕ «СВОБОДНОЙ ПРОГУЛКИ», В РАМКАХ КОТОРОЙ МОЖНО ИЗУЧИТЬ РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА БУРОВОЙ В ДЕТАЛИЗИРОВАННОМ 3D-ФОРМАТЕ. РАЗРАБОТАННЫЙ ПИЛОТНЫЙ ТРЕНАЖЕР-СИМУЛЯТОР БУРЕНИЯ СКВАЖИН БУДЕТ СПОСОБСТВОВАТЬ ФОРМИРОВАНИЮ У СТУДЕНТОВ УСТОЙЧИВЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО ОСНОВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН, ПОЗВОЛЯЯ ОТРАБАТЫВАТЬ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ, ЧТО ПРИВЕДЕТ К СНИЖЕНИЮ КОЛИЧЕСТВА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ТРАВМАТИЗМА НА РЕАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*CURRENTLY THE WORLD'S PETROLEUM INDUSTRY NEEDS DESPERATELY OF HIGHLY QUALIFIED AND PRACTICE-ORIENTED PERSONNEL. MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES ALLOW FOR ENHANCEMENT OF STUDYING PROCESS WITH METHODS OF EFFECTIVE INFORMATION CONVEYANCE INVOLVING MAXIMUM NUMBER OF SENSES AND MEMORIZATION MECHANISMS. VIRTUAL REALITY (VR) IS ONE OF SUCH TECHNOLOGIES. THE AUTHORS OF THE ARTICLE HAVE DEVELOPED A PILOT WELL DRILLING SIMULATOR (PWDS). PWDS IS AN INDEPENDENT SOFTWARE THAT, IN COMBINATION WITH A VIRTUAL REALITY PLATFORM, IS INSTALLED IN THE CLASSROOM. AT THE MOMENT, A SIMULATOR HAS BEEN CREATED THAT DEMONSTRATES THE INTERNAL STRUCTURE OF THE DR 4200/250 DRILLING RIG, DRILLING EQUIPMENT, EQUIPMENT FOR THE DRILLING MUD CLEANING SYSTEM AND MUD PUMPS. THE SIMULATOR OPERATES IN A «FREE WALK» MODE, WITHIN WHICH YOU CAN STUDY THE LOCATION OF EQUIPMENT ON THE RIG IN A DETAILED 3D FORMAT. THE DEVELOPED PILOT WELL DRILLING SIMULATOR WILL CONTRIBUTE TO THE FORMATION OF STABLE PRACTICAL KNOWLEDGE AMONG STUDENTS ON THE MAIN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF DRILLING OIL AND GAS WELLS, ALLOWING THEM TO PRACTICE PRACTICAL SKILLS, WHICH WILL LEAD TO A DECREASE IN THE NUMBER OF ACCIDENTS AND INJURIES AT REAL PRODUCTION FACILITIES*

Ключевые слова: бурение скважин, промышленная безопасность, виртуальная реальность, симулятор, обучение персонала, нефтегазовая промышленность, иммерсионные технологии.

**Сидоров Дмитрий Андреевич**  
аспирант кафедры бурения скважин, стажер-исследователь ЦК «Арктика»

**Куншин Андрей Андреевич**  
аспирант кафедры бурения скважин, стажер-исследователь ЦК «Арктика», Санкт-Петербургский горный университет, Центр компетенций в области техники и технологий освоения месторождений в Арктических условиях (ЦК «Арктика»)

**Подпоркин Вадим Валерьевич**  
инженер-технолог по буровым растворам ПАО «Сургутнефтегаз»

Традиционно рынок виртуальной реальности в настоящее время можно разделить на несколько сегментов: производство и продаж устройств виртуальной реальности, приложения виртуальной реальности, отраслевые решения и развлекательные приложения виртуальной реальности. Список отраслей, в которых уже активно используется виртуальная реальность: видеоигры, кино, розничная торговля, недвижимость, образование, медицина, военная промышленность, машиностроение, реклама и многие другие.

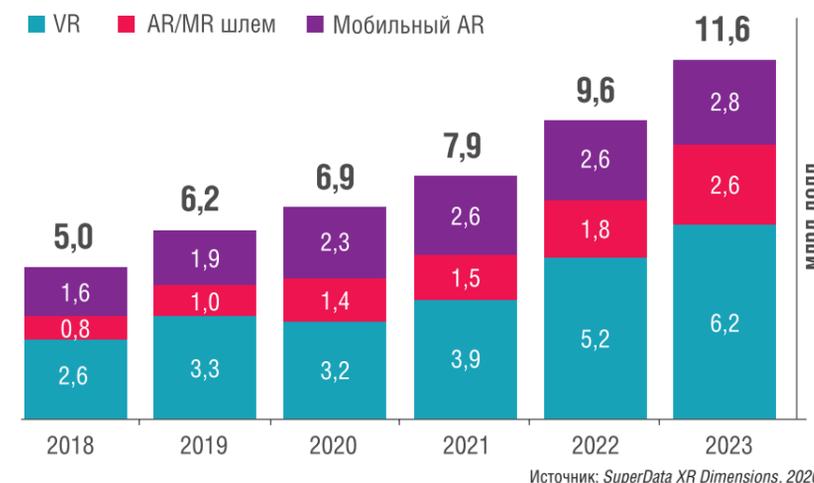
Возможности виртуальной реальности особенно привлекательны для создания процессов, которые трудно

осуществить в реальном мире или которые недоступны для широкого использования.

Рынок виртуальной реальности активно развивается, и недавно маркетингологи объединили все способы дополненной реальности – и VR, и AR (дополненная реальность), и MR (смешанная реальность) – в один, который называли для простоты XR. При этом сам XR не имеет отношения к какой-то конкретной технологии и не имеет широкого распространения, поскольку включает в себя архитектуру, автомобилестроение, спортивные тренировки, недвижимость, психическое здоровье, медицину, здравоохранение, розничную

УДК 378:004

Рис. 1. Статистика состояния рынка XR



торговля, космические путешествия, дизайн, инженерия, дизайн интерьеров, телевидение и кино, СМИ, реклама, маркетинг, библиотеки, образование, новости, музыка и путешествия.

Основываясь на современных исследованиях [1–14], концепция XR связана с множеством теорий о виртуальности, компьютерном зрении, машинном обучении и все более тесных отношениях между человеком и машиной. Цифровые устройства приводят к созданию мира, в котором цифровое и биологическое сливаются.

Согласно прогнозам, выручка XR от оборудования и потребительского программного обеспечения в 2020 году достигнет 6,9 млрд долларов по сравнению с предыдущей оценкой в 6,3 млрд долларов. Продолжающийся высокий спрос в сочетании с выпуском новых гаджетов во второй половине года, таких как HP Reverb G2, означает, что прибыль от оборудования VR, как ожидается, составит 2,5 миллиарда долларов в 2020 году и немного вырастет по сравнению с логичным периодом прошлого года (рис. 1).

### Исследования и методология

В настоящее время технологии дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности являются не только привлечением, но и серьезным инструментом для участия в образовательном процессе в отраслях с высокой степенью риска. Так, например,

в сфере здравоохранения платформа Medical Realities Platform позволяет при использовании Google Glass для выполнения хирургических операций в режиме реального времени транслировать запись для обучения тысяч студентов-медиков из десятков стран, что позволяет им заглянуть внутрь человеческого организма на основе реальных операций.

Использование виртуального тренажера позволит нам более эффективно развивать практические навыки обучения члена буровой бригады без отрыва от учебного процесса.

В области среднего, высшего и дополнительного образования широко используются технологии виртуальной реальности. Основным ограничением является стоимость оборудования, так и программного обеспечения для конкретных программ обучения. Например, существующие тренажерные симуляторы для бурения скважин, такие как DrillSim-5000, AMT-231, Transas Shore Based 6000 Drilling, включают в себя не только программное обеспечение, персонализированный компьютер с лицензионными ключами, но и дорогое и громоздкое оборудование, которое имитирует реальное.

Нефтегазовая отрасль остро нуждается в высококвалифицированных и практико-ориентированных кадрах. Теоретическая подготовка нынешних выпускников нефтегазовых вузов не дает достаточной степени риска. Так, например,

из-за обширной научной и интеллектуальной базы, накопленной в предыдущие годы. Однако многие компании отмечают недостаточный уровень практической подготовки студентов и выпускников российских вузов, что связано с удаленностью учебных заведений от промышленных объектов.

Для того чтобы получить необходимый уровень практической подготовки, должен быть обеспечен связь с производством, что не всегда происходит из-за невозможности получения практических производственных навыков без отрыва от теоретического обучения. Производственная практика позволяет развить навыки, но из-за ограничения ее продолжительности студенты не получают должного уровня практической подготовки, необходимого для дальнейшего трудоустройства.

Поэтому применение учебного процесса требует особого внимания и подхода, основанного, в том числе, на современных компьютерных технологиях, которые позволяют виртуально интегрировать производство (реальные производственные объекты в виртуальном формате) в образовательный процесс (учебные курсы, образовательные программы).

Виртуальный симулятор для бурения скважин поможет студентам выработать устойчивые практические знания по основным технологическим процессам бурения нефтяных и газовых скважин, что позволит им со временем развить практические навыки с подробным анализом ошибок без риска возникновения аварийных ситуаций и травматизма на реальных производственных объектах.

Как правило, тренажерные симуляторы используются для повышения квалификации специалистов и их обучения в случае возникновения осложнений или аварий.

Современные технологии очень быстро проникают во все сферы деятельности, поэтому использование иммерсионных технологий может значительно повысить интерес учащихся к изучению различных дисциплин образовательного цикла, в том

РИС. 2. Детальная модель буровой установки



числе за счет повышения интереса к учебному процессу, фактически превращая обучение в «игру».

Технологии виртуальной реальности широко используются при подготовке специалистов в области гражданской, военной авиации и космонавтики, что позволяет им решить все задачи, выполняемые в реальности. Без специального оборудования и тренажеров х-симуляторы специалистов не допускаются к выполнению реальных задач. Так, например, зрительные симуляторы для обучения пилотов и диспетчеров являются всеобщими компаниями и все производители самолетов – British Aerospace, Flight Safety, Beijing Aviation Simulator Co, Mc. Donnell Douglas, Rockwell, GEC Marconi, Lockheed Deutch Aerospace, Sukhoi и многие другие. Более того, симуляторы для диспетчеров могут использоваться не только для обучения, но и для управления реальным полетом. Такие тренажеры используются

РИС. 3. Оборудование буровой установки



при подготовке специалистов в высокоточных отраслях и отраслях с особыми условиями труда.

### Результаты и предложения

В отличие от традиционных комплексов, зрительных для конкретных задач (комплекс оборудования для бурения на суше и на море, цементирования, ремонт скважин), предлагаемое качество альтернативы оборудования для виртуальной реальности (от шлемов виртуальной реальности, например OCULUS RIFT, до полноценных платформ, таких как KAT WALK) позволит реализовать различные сценарии на одном и том же оборудовании, что будет способствовать созданию мультимедийных учебных центров.

Тренажеры-симуляторы для бурения скважин – незаменимое программное обеспечение,

которое в сочетании с платформой виртуальной реальности установка в учебную аудиторию или только программное обеспечение, установка персонального компьютера. После запуска программы и выбора сценария студент оказывается перед буровой установкой. Благодаря графическому движку обучающийся может передвигаться вокруг блока управления, рассмотреть все оборудование, которое находится на столе ротора, в системе очистки бурового раствора и в насосном блоке. Благодаря точной детализации можно рассмотреть мельчайшие механизмы, благодаря современной графике обучающийся может полностью понять, что такое буровая установка в реальности (рис. 2), также отдельные элементы буровой установки (рис. 3–5).

Одним из возможных применений ТСБС в учебном процессе является проведение практических упражнений в режиме обучения и в режиме симуляции, как в индивидуальном, так и в кооперативном режиме (для кооперативного режима необходимо иметь оборудование всех членов команды). Кроме того, использование тренажеров возможно для обучения и проверки квалификации при приеме на работу. Для реализации проекта необходимо зрительное программное обеспечение технологических операций строительства скважин, который включает в себя:

- создание 3D-модели буровой установки;
- моделирование различных процессов строительства нефтяных и газовых скважин;

РИС. 4. Силовой верхний привод



РИС. 5. Буровые насосы



- программное обеспечение операций и сценариев, происходящих на буровой установке в процессе строительства скважин;
- различные сценарии для работы членов буровой бригады и взаимодействия всех сотрудников друг с другом;
- доработку программного пакета как для ПК, так и для VR.

Такой комплект оборудования (VR-оборудование) в основном используется для развлечения. Тем не менее многие строительные компании используют его в своих офисах продаж для визуализации жилых комплексов или кварталов.

### Дискуссия и обсуждения

Разработанный тренажер-симулятор и его применение в энергетике России в сторону изучения и освоения территории Арктики способствовало формированию идеи создания

концепции обустройства удаленного арктического промысла.

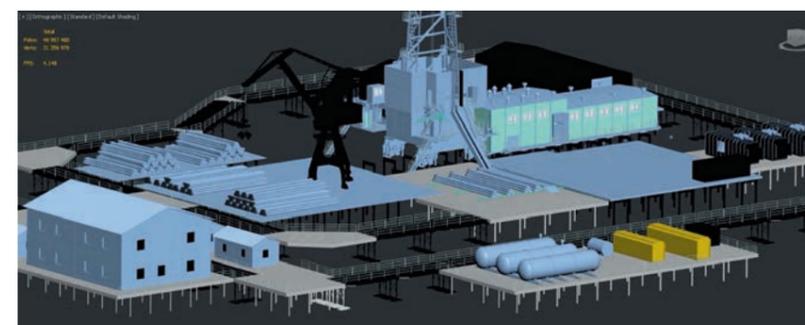
На текущем этапе можно отметить 3D-прототипирование объектов инфраструктуры, расположенных в скважинах, в программном комплексе 3ds Max Autodesk для дальнейшего интегрирования полученной модели в зрительный комплекс виртуальной реальности – ТСБС.

### Выводы и рекомендации

Зрительный проект позволит повысить качество подготовки специалистов топливно-энергетического комплекса за счет внедрения технологий виртуальной реальности непосредственно в учебный процесс.

Новые подходы к обучению процессу будут развиваться необходимые навыки уже на начальном этапе обучения. Получение киберфизического

РИС. 6. Прототипирование объектов инфраструктуры для освоения Арктики в программном комплексе 3ds Max Autodesk



опыт за счет вовлечения максимального количества организмов чувств и механизмов запоминания позволит качественно отработать технологические операции без риска в реальных ситуациях и тренировать реальных производственных объектов.

Статья выполнена в рамках реализации инновационного проекта по программе «УМНИК» при поддержке Фонда содействия инновациям

### Литература

1. Исаченко Н.Н., Хисматуллина И.З. Дополненная реальность как один из современных технологических трендов нефтяной промышленности // Научное обозрение. 2018. № 1.
2. Necci A., Tarantola S., Vamanu B., Krausmann E., Ponte L. Lessons learned from offshore oil and gas incidents in the Arctic and other ice-prone seas, *Ocean Engineering Volume 185* (2019), pp. 12–26. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.05.021.
3. Azuma R., Baillet Y., Behringer R., Feiner S., Julier S. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 21, pp. 34–47. DOI: 10.1109/38.963459.
4. Garcia C.A., Naranjo J.E., Ortiz A. and Garcia M.V. An approach of virtual reality environment for technicians training in upstream sector. *IFAC-PapersOnLine, Vol. 52, No. 9*, (2019), pp. 285–291. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.08.222.
5. Haque M. E., Islam M. R., Islam M. S., Haniu H., Akhter M. S. Life cycle cost and energy consumption behavior of submersible pumps using in the Barind area of Bangladesh, *Energy Procedia 110* (2017), pp. 479–485. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.172.
6. Herbert B., Ens B., Weerasinghe A., Billinghurst M., Wigley G. Design considerations for combining augmented reality with intelligent tutors, *Computers & Graphics Vol. 77* (2018), pp. 166–182. DOI: 10.1016/j.cag.2018.09.017.
7. Jacobs T. AR headsets give oil and gas sector the quicker fix, *Journal of Petroleum Technology, Vol. 70, No. 07*, (2018), pp. 32–34. DOI: 10.2118/0718-0032-JPT.
8. Koteleva N., Buslaev G., Valnev V., Kunshin A. (2020). Augmented Reality System and Maintenance of Oil Pumps. *International Journal of Engineering, No. 33(8)*, pp. 1620–1628. DOI: 10.5829/ije.2020.33.08b.20.
9. Li X., Yi W., Chi H.L., Wang X. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety, *Automation in Construction, Vol. 86, February 2018*, pp. 150–162. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.11.003.
10. Lu H., Guo L., Azimi M., Huang K. Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook, *Computers in Industry, Vol. 111* (2019), pp. 68–90. DOI: 10.1016/j.compind.2019.06.007.
11. Montenegro R., Hökby N. Optimizing operational efficiency in submersible pumps, *World pumps*, (2004). DOI: 10.1016/s0262-1762(04)00174-9.
12. Rabbi, I., & Ullah, S. (2016). A Survey on Augmented Reality Challenges and Tracking. *Acta Graphica, No. 24* (1–2), pp. 29–46.
13. Radu I. Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Pers Ubiquitous Comput* (2014), No. 18 (6). DOI:10.1007/s00779-013-0747-y.
14. Tao F., Zhang M., *Digital Twin and Virtual Reality and Augmented Reality/Mixed Reality*, In book: *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*, (2019), pp. 219–241. DOI: 10.1016/B978-0-12-817630-6.00011-4.

KEYWORDS: well drilling, virtual reality, industrial safety, simulator, personnel training, oil and gas industry, immersive technology.

# УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ БЕСЦЕХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА



**Фомин**  
**Александр Николаевич**

руководитель Центра  
внедрения бесцехового  
производства

КАЖДЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ, ВСТУПАЮЩИЙ НА ПУТЬ КРУПНЫХ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ БЕСЦЕХОВОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ (БСУ), В ТОЙ ИЛИ ИНОЙ МЕРЕ ИСПЫТЫВАЕТ ЕСТЕСТВЕННУЮ ТРЕВОГУ ЗА СУДЬБУ ЭТОГО ПРОЕКТА. ВСЕ ЛИ ХОРОШО ПРОДУМАНО И СПЛАНИРОВАНО? ПРАВИЛЬНО ЛИ ПОДОБРАНА КОМАНДА? КАК ПОВЕДУТ СЕБЯ ЛЮДИ? КАК НЕ ДОПУСТИТЬ СНИЖЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, ЕГО УПРАВЛЯЕМОСТИ? КАК ЗАИНТЕРЕСОВАТЬ ПЕРСОНАЛ И ВОВЛЕЧЬ В ПРОЦЕСС ПРЕОБРАЗОВАНИЙ? КАК ИЗБЕЖАТЬ КРУПНЫХ ОШИБОК В НАЧАВШИХСЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ? ИНЫМИ СЛОВАМИ, РЕЧЬ ИДЕТ О РИСКАХ ПРОЕКТА И СПОСОБАХ ИХ МИНИМИЗАЦИИ, ТО ЕСТЬ ОБ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

*EVERY MANAGER WHO EMBARKS ON THE PATH OF MAJOR STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF AN ENTERPRISE BASED ON THE PRINCIPLES OF A SHOP-LESS MANAGEMENT STRUCTURE (SMS), TO ONE DEGREE OR ANOTHER, EXPERIENCES A NATURAL ANXIETY ABOUT THE FATE OF THIS PROJECT. IS EVERYTHING WELL THOUGHT OUT AND PLANNED? IS THE TEAM CHOSEN CORRECTLY? HOW WILL PEOPLE BEHAVE? HOW TO PREVENT A DECREASE IN THE STABILITY OF PRODUCTION, ITS CONTROLLABILITY? HOW TO MOTIVATE STAFF AND INVOLVE THEM IN THE TRANSFORMATION PROCESS? HOW TO AVOID MAJOR MISTAKES IN THE ONGOING TRANSFORMATION? IN OTHER WORDS, WE ARE TALKING ABOUT PROJECT RISKS AND WAYS TO MINIMIZE THEM, THAT IS A RISK MANAGEMENT*

Ключевые слова: *управление предприятием, менеджмент, минимизация рисков, кадры, предприятие ТЭК.*

Десятилетний опыт работы в отрасли по тематике бесцехового производства приводит к однозначному выводу, что оптимальный путь минимизации рисков при внедрении БСУ – это твердо усвоенные менеджментом предприятия знания: знание целей, содержание и детали предстоящей работы, знание принципов, механизмов и всех преимуществ внедряемой системы управления, знание методов успешного управления проектом. Усвоенные знания преодолевают тормозящую мнительность, питающую преобладание своей энергией. Когда вы поймете природу своих сомнений, разберетесь в сути прогнозируемых проблем, осмыслите их ключевые просчитанные риски, тогда вы поймете пути и способы их минимизации или полного исключения – знание будит инстинкты в практическую деятельность по реализации проекта и обеспечит достижение поставленных целей. В дальнейшем не рассматривается исходный вопрос при обсуждении бесцехового производства:

«А зачем нам это? И так все работает». Тем содержанием, принципов и преимуществ БСУ по сравнению с цеховым управлением подробно рассматривается в моих ранее опубликованных книгах и статьях [1–6]. Поэтому в центре внимания предлогемой статьи – обсуждение типичных опасений руководителей предприятий при подготовке к переходу на БСУ (ожидаемых рисков) и путей их минимизации посредством использования внутренних ресурсов новой структуры управления.

## Сокращение численности персонала

Хорошо известно, что дефицит рабочих мест, безработица является «врожденной», практически неустраняемой чертой рыночной экономики.

Безработица возникает как одно из следствий реализации принципов производства, повышения его производительности и общей эффективности.

УДК 331.1

На рынке труда возникает конкуренция, позволяющая работодателям подбирать лучших кадры и экономить расходы на оплату труда. Но вместе с тем безработица – тяжелая социальная проблема, особенно для российского населения, сохраняющего проблемы в социальной структуре экономики, где был хронический дефицит рабочих мест, рабочих кадров. Однако в рыночной экономике полное искоренение безработицы не только невозможно, но и нецелесообразно, поскольку она – практически неизбежный процесс, происходящий в силу естественных процессов производства и оптимизации организационной структуры. При внедрении бесцехового управления происходит не «механическое» сокращение численности, ее обоснованная, просчитанная оптимизация на основе четко определенных принципов структурного построения подразделений. В этом отношении сокращения должностных позиций, вызванные структурными изменениями, столь же объективны и неизбежны, как и сокращения по причине втомтизации. Именно этот вывод необходимо понять и принять как аксиому, которую невозможно отменить, но можно и нужно максимально снизить негативные социальные последствия сокращений. Возможная социальная напряженность вследствие этих процессов должна снижаться совместными усилиями

реформируемых предприятий, местных и федеральных властей путем разработки и осуществления комплексных программ создания новых рабочих мест, переучивания освобожденного персонала, выплаты достойной материальной компенсации. С другой стороны, вовлеченность штатного персонала предприятия в процесс изменений должна обеспечиваться обучением работников в новых условиях, разъяснением позитивного смысла реформы управления, повышением уровня оплаты труда. БСУ задает для персонала всех уровней более высокую планку компетенций, чем цеховая структура, стимулирует работников к профессиональному росту, создает атмосферу причастности к новейшей технологии управления. Работник, прошедший школу бесцехового управления, получивший новые знания и навыки, конкурентен на рынке труда, у него обоснованно высокая самооценка. В обозримой перспективе именно персонал бесцеховых предприятий составляет основу рабочих, инженерных и управленческих кадров российской промышленности.

## 3 мен уникальной структуры управления типовой структурой

Суть цехового производства – фрагментация целостного процесса, его расчленение на отдельные составляющие, каждая из которых готовит свой «полуфабрикат», передвигается в цеху-смежнику для дальнейшей работы. Такое построение производственного процесса предоставляет руководству предприятия широкие возможности для реализации своего, «уникального» видения «нарезки» основных и вспомогательных цехов, также других подразделений организационной структуры. В результате на различиях однотипных предприятиях одной отрасли можно обнаружить большое разнообразие структур управления. Обычно руководители предприятий объясняют это особенностями своих предприятий, их уникальностью. Отчасти это так. У каждого предприятия с однотипным производственным процессом своя история, положение на рынке, набор оборудования, масштабы производства, механизмы управления и т.д. Все эти особенности в той или иной мере отражаются в организационном построении цеховых предприятий. При этом важно понять, по какому опорному принципу строится цеховая организационная структура, где ее основа, которая объединяет однотипные предприятия. Анализ показывает, что основой является последовательность технологических переделов, которые претерпевает конечный продукт, продвижаясь до состояния конечного товарного продукта. Например, в водоканалах выделяются четыре технологических передела: подъем и фильтрация воды из первичного источника; подготовка чистой воды потребителям (водопроводные сети); отвод отработанной воды (канализационные сети); очистка воды на очистных сооружениях. Каждый из этих переделов может обслуживаться одним цехом, на крупных водоканалах – набором

цехов, и мелких один цех может обслужить несколько переделов. Ан логична ситуация и блюдается и в других отраслях, где цех сориентированы на технологические переделы, но жестко к ним не привязаны. Как видим, привязка организационного построения цеховых предприятий к обслуживанию технологических переделов не гарантирует единичности структур управления однотипных производств. Более того, это основа организационного строительства предприятий прогрессирует плохо мотивированное знание структур, далеко не всегда роботизирующийся прогресс предприятий. Такое положение с организационным творчеством как естественным, однако практика это приводит к перманентной структурной перетряске предприятий при смене руководства или при смене взглядов действующего руководителя на управление им же организационное построение. Иначе говоря, в силу сущности природы цехового управления организационных предприятий в значительной мере отражены субъективные предпочтения руководителя, не объективные потребности и тенденции развития предприятия в конкурентной среде. Совершенствование структуры управления методом «проб и ошибок» – не более, а просторный, но, очевидно, не лучший путь к эффективному управлению.

Как подсказывают логика и здравый смысл, в основу построения системы управления должен быть положен тот принцип, который обеспечивал бы устойчивость системы, был ее жестким критерием. Такой принцип предоствляет бесцеховая структура управления (БСУ). Он заключается в ориентации организационного построения предприятия на функционирование единого производственного процесса через технологические переделы и соответствующие им цеховые сквозные, горизонтальные процессы управления производством продукт, связывающие все переделы в единую линию. Эти процессы:

- оперативное управление оборудованием (службы оперативного управления – СОУО);

- обеспечение работоспособности оборудования (службы владельцев оборудования – СВО);
- планирование и координация работы (службы ПИК);
- техобслуживание и ремонт оборудования (службы ТОиР).

Отмеченные процессы характерны для любого крупного предприятия, особенно непрерывного цикла работы. Поэтому управляющие ими службы составляют неизменяемую опорную базу организационной структуры, по отношению к которой цеховой принцип привязки к технологическим переделам становится вторичным – он реализуется через внутреннее структурирование служб, подразделения которых ориентированы на обслуживание соответствующих технологических переделов.

Таким образом, бесцеховая, процессная структура управления создает устойчивый критерий для организационного строительства, нейтрализует немотивированные изменения, исключает структурную чехурду и обеспечивает стабильность управления предприятием. Кроме того, он позволяет создать надежные структуры управления для однотипных предприятий отрасли и тем самым повысить эффективность управления к конкретным предприятиям, так и всеми предприятиями отрасли.

### «Потеря управляемости»

Любой объект управления – машина, государство, предприятие – предполагает наличие механизма, посредством которого он (объект) получает некоторые исполнительные команды для движения и развития в соответствии с волей и целями управляющего. Для предприятия таким механизмом является юридически оформленная структура управления и сопутствующие ей документы (приказы, распоряжения, должностные инструкции, положения о подразделениях), скрывающие пути прохождения управляющих сигналов от первого руководителя до конечного исполнителя. Когда утверждается, что структурная реформа несет угрозу потери управляемости предприятием,

то это предполагает неуверенность в возможности бесцеховой структуры обеспечить четкость прохождения распоряжений и их безусловного выполнения конечными исполнителями. Природой этого сомнения является, во-первых, в значительной мере низкое качество управления, во-вторых, в одностороннем, «цехоцентричном» понимании роли среднего звена управления предприятия. Дело в том, что многолетняя монополия цехового управления в российской экономике породила сверхустойчивый стереотип: цех как функция единственного производственного процесса, который управляет всеми вверенными ему производительными силами – персоналом, оборудованием, зданиями и сооружениями, территорией, являются единственно возможным вариантом организационного производственного процесса. На фоне этого стереотипа альтернативный вариант организационного производства в форме бесцеховой структуры представляется ведомо чуждым и неприемлемым. Однако это не проблема практики бесцехового производства, а проблема психологии управления, которая решается углубленным изучением теории и практики БСУ. Главным здесь является роль руководителя среднего звена, переходящего от начальника цеха к руководителю службы, управляющей одним из четырех параллельных процессов, объединяющих все технологические переделы производств: управление оборудованием; обслуживание и ремонт; планирование и координация. Соответственно, управление по цепочке: технический директор – начальник цеха – исполнитель технического директора – начальник смены, сектор, участок, отдел – исполнитель. Функции руководства цехом по управлению оперативным персоналом выполняются начальником смены того технологического передела, которым ранее управлял этот цех. Функции руководства цехом по обеспечению работоспособности оборудования, его техобслуживанию

и ремонт, планирование и координация роботизированной конкретной технологической передела исполняют соответствующие структурные подразделения служб владельцев оборудования, техобслуживания и ремонта, планирования и координации.

Таким образом, бесцеховое производство формирует свой механизм управления на основе

**Бесцеховое производство формирует механизм управления на основе устойчивого ядра сквозных служб, что создает общую платформу организационного строительства различных предприятий и последующей стандартизации управления**

устойчивого ядра сквозных служб, что создает общую платформу организационного строительства различных предприятий и последующей стандартизации управления. При этом значительно возрастает прозрачность и контролируемость управления по сравнению с условиями цехового производства. Каждый из служб бесцехового управления работает по общим правилам технической политики предприятия на всех технологических переделах, в то время как в цеховом производстве каждый начальник цеха применяет свой стиль руководства по отношению к персоналу, содержанию и ремонту оборудования, планированию работы, что неизбежно ведет к значительным различиям цехов по этим параметрам оценки их деятельности. БСУ снимает эти противоречия, и поэтому риск «потери управляемости» в действительности является лишь одной из мифологем, возникающей от непонимания сути управления в бесцеховом производстве.

### Риск ошибочных решений при внедрении бесцехового управления

При реализации проекта по переходу предприятия на БСУ возникают естественные трудности при формировании новых служб, работе и освоении механизма их взаимодействия. Это объективно «бесцеховой модели» может быть относительно безболезненным при условии соблюдения необходимых правил, но может привести

и к «поломке» модели шины при игнорировании этих правил.

Первичное правило при внедрении БСУ – безусловное выполнение принципов бесцехового производства [5]. Вторичные правила внедрения БСУ предоствляют собой изложение последовательных этапов движения к цели, сформулированных на основе имеющегося опыта [5].

Исходный, «первородный» принцип бесцехового управления – устранение функциональности производственного процесса, олицетворяемого цехом, создание системы потока продукции. Этот принцип допускает единственную правильную интерпретацию – управление цехом и закрепление каждой из четырех ключевых производственных функций цеха за сквозными службами.

**Важный принцип БСУ – разделение функций управления оборудованием и обеспечения его работоспособности**

Нарушение указанного принципа является главной, фундаментальной ошибкой при внедрении БСУ. Очевидная причина этой ошибки – стремление менеджмента предприятий любой ценой сохранить привычную функциональность производств, связанную с цеховым способом управления. При этом применяются различные средства – от манипулирования «бесцеховой» терминологией до частичного применения элементов БСУ.

Манипулирование терминологией проявляется в тривиальной замене в организационных словах «цех» на другое обозначение, например, «отделение», «служба», «департамент» и т.п. при сохранении прежней функциональности производств под этими именованиями. Иногда «модель цеха», пронизывающая российскую производственную модель,

приобретает даже курьезный оттенок. В интервью одного из руководителей предприятия, переходившего на бесцеховое управление, мне встретился фраза о том, что внедряемая структура является не бесцеховой, а с момента деления – одноцеховой, т.е. предприятие следует рассмотреть только как единый цех. В связи с этим следует не забывать одну простую вещь: в любом случае, претендуя на истину, нужно придерживаться общепринятых или специально определенных основных терминов. Для этого при реализации проектов формируется словарь употребляемых терминов (гlossary), и руководителю, чье мнение которых недопустимо, поскольку это приводит к тупику демогии. В таком случае знание слов «цех» совершенно очевидно – это функциональность процесса производств, но отнюдь не само производство в его полном, законченном виде. При внедрении БСУ управление осуществляется именно эти функции и воссоздается управление производством предприятия по всем технологическим переделам как управление процессом или потоком создания конечного продукта.

Управление сквозными производственными процессами – от начальной точки до конечного продукта – процессное, бесцеховое управление – это следующий основополагающий принцип БСУ. Основная ошибка при внедрении БСУ, которая связана с этим принципом, – стремление вывести из цехов, непосредственно включенных в технологический процесс производств, из периметра бесцехового управления.

Практика внедрения БСУ по известным мне источникам дает огромное количество примеров такого рода. Например, в свое время на Златоустовской АЭС разделили функции эксплуатации оборудования (оперативное управление оборудованием) и обеспечения его работоспособности (владение оборудованием и ремонт) для двух опорных цехов – реакторного и турбинного.

Но при этом вне реформы осталась лишь другая подструктура основного технологического процесса – электроцех, химцех и цех тепловой котельной, т.е. в них не было предусмотрено функций. Кроме того, и другие принципы бесцехового управления остались нерешенными. Понятно, что в данном случае не приходится говорить о внедрении БСУ: получился структурный «кент-вр», который вряд ли сослужил хорошую службу этому предприятию.

Известны и другие варианты изготовления типовых оргструктурных эрц-продуктов, когда используются отдельные составляющие концепции бесцехового управления при фактическом доминировании цеховой идеологии и практики. При столь поверхностном, непоследовательном подходе к внедрению процессного управления ведомо невозможно получить хороших результатов, поскольку систем БСУ – «бесцеховая машина» – собирается только из оригинальных деталей, в качестве которых выступают ее принципы. Замена этих деталей на различные «с модели» недопустимо, т.к. разрушается целостность системы и снижается эффективность предприятия.

Очень важный принцип БСУ – разделение функций управления оборудованием и обеспечения его работоспособности. Ключевая роль при внедрении БСУ часто вызывается попытками его

нарушения. Ошибочные действия заключаются в стремлении бывших руководителей цехов, перешедших в службу управления оборудованием БСУ, сохранить функцию руководства оперативным персоналом смен. В частности, в одном из цехов при обсуждении БСУ был предложен весьма странный вариант распределения оперативного персонала между службами оперативного управления и управлением оборудованием. Сопутствующей и явно неверной ошибкой при селекции производственного персонала предприятия между службами БСУ является запрос дополнительных штатных единиц, хотя при переходе на бесцеховое управление происходит резкое оптимизация численности на основе детального анализа степени загруженности и производственной необходимости каждой должностной позиции.

Принцип управления сквозными производственными процессами или принцип управления потоком конкретизируется через принцип формирования классической триады подразделений (служб) производственно-технического блока предприятия:

- оперативного управления оборудованием (ООУ);
- управления оборудованием (обеспечения работоспособности – СВО);
- планирования и координации работ (СПиК).\*

Каждая из служб БСУ формируется по определенным принципам на основе работоспособной методики, обобщившей имеющийся практический опыт.

Средств принцип сквозного управления посредством специализированных служб связаны несколько существенных ошибок.

1) Служба оперативного управления оборудованием не рассматривается как самостоятельное подразделение, равноценное другим службам БСУ. Оперативный персонал, выведенный из состава бывших цехов в отдельную службу, воспринимается как чисто рутинный, исполнительный состав, нуждающийся в «опеке» бывших руководителей цехов, собранных в основном в службе управления оборудованием. Отсюда попытки внести так называемые «коррективы» в БСУ, которые полностью или частично восстанавливают непосредственное управление бывших руководителей цехов оперативным персоналом. В частности, эти попытки могут выражаться в предложении подчинить службу оперативного управления службе управления оборудованием.

\* В данный перечень не включена служба техобслуживания и ремонта (ТОиР), которая часто включается в структуру ПТБ предприятия как сервисная служба, работающая по заявкам и под контролем службы владельцев оборудования. Принципиально важно, что в БСУ выполнение ремонтных работ рассматривается только как функция аутсорсинга: внутреннего – при неразвитом рынке ремонтных услуг или внешнего – при наличии такого рынка. В обоих случаях ремонтные работы всех видов осуществляются под контролем службы владельцев, входящей в «жесткое ядро» оргструктуры предприятия наряду с двумя вышеупомянутыми службами.

Однако в БСУ эта проблема мнимой «бесхозности» оперативного персонала решается иначе. Весь персонал оперативных смен обзаводится самостоятельную службу – новый, единый коллектив операторов оборудования. Созданы сквозные оперативные смены, выходящие на все объекты управления в течение смены предприятия и локализованные по технологическим переделам и видам управляемого оборудования [5]. Важно подчеркнуть, что основные задачи службы оперативного управления – это работоспособность и обеспечение наиболее эффективного для производства взаимодействия «человек – машина», реализация скрытого потенциала человеческих и технических ресурсов, также постоянная работа над повышением квалификации персонала. Эти задачи службы решаются самостоятельно, взаимодействие с инженером БСУ определяется регламентом, детализирующим ответственность служб.

2) Ошибочное понимание роли и функций службы оперативного управления оборудованием может дополняться неверной трактовкой роли и функций службы управления оборудованием. Эта служба не должна быть подразделением отдельных цехов, ищущих пути восстановления прежних полномочий по непосредственному управлению оперативным и ремонтным персоналом. Необходимо осознать тот факт, что в отличие от цеховой структуры в БСУ существенно меняется функционал опорного звена в руководстве производственно-технического блока (ПТБ) предприятия: вместо члена цехового комитета опорным звеном становится инженер СВО, главными задачами которого – управление людьми, управление процессами, выполняемыми этими людьми. Иначе говоря, миссия инженера СВО – формирование, поддержка, обновление интеллектуального продукта для службы оперативного управления и ремонтных подразделений – инструкций, технических регламентов по управлению оборудованием и контролю качества ремонтных работ, планирование ТО и ремонтов, мероприятий

по повышению дежурности подконтрольного оборудования и техперевооружению. Но в то же время инженеры СВО – это отнюдь не «офисные клерки», профессионалы-практики высшего класса, досконально разбирающиеся в подконтрольном оборудовании и поэтому несущие полную ответственность не только за содержание создаваемых ими документов для персонала смежных служб,

Минимизация рисков проекта обеспечивается необходимой полнотой знаний о новой структуре управления руководителями и специалистами высшего и среднего звена реформируемого предприятия

но и конечную ответственность за работоспособность подконтрольного оборудования. Созданием службы управления персонализируется ответственность инженерного персонала за состоянием каждой единицы оборудования [5].

3) В связи с тем, что в БСУ применяется принцип централизации планирования и координации работ ПТБ предприятия, создается служба планирования и координации (СПиК). Работоспособность этой службы – сведение ее функций к привычным задачам производственно-технического отдела (ПТО) цеховой структуры, прежде всего к планированию и контролю бюджета ПТБ, производственной и инвестиционной программ. Задачи СПиК, помимо координации планирования работ вплоть до суточного горизонта, включают в себя координацию – упорядочивание и согласование деятельности совместно работающих служб БСУ. В первом этапе внедрения БСУ – это координация работ служб по созданию регламента их взаимодействия – ключевого документа, определяющего права и обязанности служб по отношению друг к другу. В последующем СПиК решает следующие задачи:

- анализ заявок в проект производственной программы, поступающих из всех служб БСУ, с точки зрения соблюдения интересов предприятия

в целом, т.е. на основе работоспособных приоритетов и критериев;

- разработка решений по разделению производственной программы на основе конструктивного согласования позиций всех служб БСУ;
- внутренние корректировки бюджета производственной программы в течение года – на той же вышеупомянутой основе;

- координация работ служб при работе персонала с плановыми ремонтами и их реализация [2].

Подводя итоги краткого обзора возникающих рисков при внедрении бесцехового управления предприятием, следует еще раз подчеркнуть, что минимизация рисков проекта, сведение их к управляемому уровню обеспечивается необходимой глубиной и полнотой знаний о новой структуре управления руководителями и специалистами высшего и среднего звена реформируемого предприятия. Когда усвоены не только принципиальные положения БСУ, но и наиболее спектры системы, основные риски и способы их нейтрализации, тогда знание становится действующей силой, ведущей к успешному завершению проекта. ●

#### Литература

1. А.Н. Фомин «Бесцеховое производство», М.: Эдитус, 2015.
2. «Бесцеховая революция», М.: Эдитус, 2019.
3. <https://magazine.nftegaz.ru/articles/kompanii/619831-est-li-ogranicheniya-u-bestsekhovogo-proizvodstva/>
4. <https://magazine.nftegaz.ru/articles/prombezopasnost/625117-bestsekhovaya-struktura-upravleniya-i-promyshlennaya-bezopasnost-predpriyatiya-kak-izbavitsya-ot-pri/>
5. <https://magazine.nftegaz.ru/articles/upravlenie/536400-bestsekhovoe-proizvodstvo-na-predpriyatiyakh-neftekhimii-v-usloviyakh-industrializatsii-4-0/>.

KEYWORDS: enterprise management, management, risk minimization, personnel, fuel and energy company.

## НЕФТЯНЫЕ ГИГАНТЫ ИЩУТ СПАСЕНИЕ В «ВОДОРОДНОЙ РЕВОЛЮЦИИ»

**Bloomberg**

Дэвид Фиклинг

Если водород придет на смену нефти, то с помощью и уникальным опытом придется обратиться к нефтяным гигантам. «Голубой водород» может стать промежуточной ступенью к производству экологически чистого водорода. Важно, чтобы крупные



нефтяные компании поняли, где они действительно могут принести пользу, где нет. Например, в экономике, роботизированной УВ и водородном сырье, пойдут добывать средства транспорта и хранения топлива.

В настоящее время для хранения нефти и газа используются искусственные соляные пещеры. Именно они являются ключевым элементом в системе хранения водорода. В Нидерландах планируются и проектируются трубопроводы, которые обслуживают Groningenское газовое месторождение, газы которого используются. В противном случае эти трубопроводы были бы демонтированы.

По данным Совета по водородным технологиям, к 2050 г. мировая потребность в водороде составит 80 экзджоулей в год. Для этого необходимо построить в девять раз больше ветряных и солнечных генераторов по сравнению с существующими сегодня.

Чтобы в XXI веке доминировать в энергетической отрасли, нефтяные гиганты должны вспомнить о принципе, благодаря которому они в XIX веке прокладывали себе путь к господству: «Либо вклидывайся по-крупному, либо уходи со сцены».

## В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОРЫВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ГЕЛИЯ МИР МОЖЕТ ОКАЗАТЬСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РОССИИ

**The New York Times**

Эндрю Крамер

Россия может стать крупным экспортером гелия и в перспективе потеснит на этом рынке США и Катар. Нидерландом Востоке близится к завершению строительство производственного комплекса, который может подорвать мировой рынок.

Это вызвало оптимизацию по поводу того, что при продаже гелия Россия может применять те же политизированные подходы, которые беспокоят покупателей российского природного газа и нефти.

Фактически «Газпром» имеет возможность резервировать гелий, закрыв его обратные скважины месторождения природного газа (по сути, изымая свой гелий с рынка), что является одной из причин оптимизации относительно манипулирования ценами в будущем. Россия рассматривает производство 25–30% гелия, используемого во всем мире, после выхода ГПЗ на полную мощность в середине этого десятилетия.



Почему новые поставки российского гелия могут привести к снижению цены, но в долгосрочной перспективе динамика цен может стать более политизированной, в некотором роде похожей на то, что можно наблюдать в ОПЕК, которая манипулирует ценами, повышая или снижая добычу нефти.

Строительство новых газоперерабатывающих заводов планируют в Катар, компании ведут разработку новых месторождений в США, Канаде и Африке.

## «ИНДЕКС БИГМА» ПОКАЗЫВАЕТ: РОССИЙСКИЙ РУБЛЬ – ОДНА ИЗ САМЫХ НЕДООЦЕНЕННЫХ ВАЛЮТ В МИРЕ

**The Economist**

Эксперты считают, что курс российской валюты сильно занижен – рубль окладился одной из самых недооцененных валют в мире.



По состоянию на январь 2021 один бигма стоит 135 рублей в России и 4,25 евро в еврозоне. При этом соотношение обменного курса (гипотетический) должен быть равен 31,76 рубля за один евро. Однако разница между ним и фактическим обменным курсом (90,68 рублей за евро) свидетельствует о том, что российский рубль недооценен на 65%.

Если же мы посмотрим на эту ситуацию, учитывая рыночный обменный курс, то бигма в России должен стоить 1,49 евро, то есть дешевле, чем в зоне евро (4,25 евро). А если учесть еще и разницу в покупке теле ВВП на душу населения, то бигма должен стоить еще дешевле. Это говорит о том, что рубль недооценен на 53,2%.

По той же логике российский рубль недооценен по отношению к доллару США на 68%, к британскому фунту на 59%, к японской иене на 52%, к китайскому юаню на 48%. ●

## О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД...



### ОПЕК предупреждает о трехзначных ценах на нефть

В январе 2011 г. МЭА призвала ОПЕК обратить внимание на цены на нефть, добычи нефти – принять гибкие решения, чтобы цены не достигли 100 долларов за баррель.

### Комментарий Neftegaz.RU

Спустя десять лет стратегия ОПЕК оказалась противоположной проблемой – как поднять цены на нефть. Весь 2020 год цена держалась на уровне 40 долларов за баррель, после небольшого поднятия до 10-месячного максимума в конце года, снова пошла на снижение. По принципу замкнутого круга влияние на нефтяные цены оказывает новый обзор ОПЕК,

в котором организация ухудшила прогноз по восстановлению спроса в 2021 г. Согласно отчету мировой спрос на нефть составит 5,9 млн баррелей/сутки и составит 95,89 млн баррелей/сутки.

### Земитель бензин на основе нанотехнологий, стоимостью до 12 руб./литр появится в продаже в 2014 году

Специалисты английской компании Cella Energy, сообщили о разработке технологии получения дешевого и экологичного топлива на основе водорода. В 2014 г. планируется создать промышленную установку. При цене нефти 100 долларов за баррель, водород является

конкурентоспособным и может обеспечить энергобезопасность мировой экономики.

### Комментарий Neftegaz.RU

Цена 100 долларов за баррель, по всей видимости, осталась навсегда в прошлом. Однако, это не делает водород менее привлекательным энергоносителем. В 2020 г. в России появился первый водородный завод, который способен обслужить всего шесть машин в день. Но и этого вполне достаточно, ведь на всю страну



пока существует только один автомобиль, работающий на водородном топливе – Toyota Mirai, принадлежащий бизнесмену из Красноярска. ●

## Премия имени академика И.М. Губкин. Молодые ученые вступают в борьбу за лучший научно-исследовательский проект

21 сентября 2021 года в стенах Губкинского университета в совмещенном онлайн и офлайн формате состоится V конкурс на соискание молодежной Губкинской премии (далее – Конкурс), посвященный 150-летию со дня рождения выдающегося ученого-протектора, основоположника нефтяной геологии, педагога и общественного деятеля, профессор, академик Ивн Михайлович Губкин (21.09.1871–21.04.1939).

К участию в Конкурсе приглашаются магистранты, аспиранты, докторанты, специалисты, инженеры, ученые и научно-педагогические работники высших учебных заведений в возрасте до 30 лет. Выдвигаемые на соискание молодежной Губкинской премии работы должны решать отраслевые и региональные научно-технические проблемы нефтегазовой отрасли, получить внедрение с подтвержденным экономическим или социальным эффектом.

Молодежная Губкинская премия учреждена Межрегиональным научно-техническим обществом нефтяников и газовиков им. академика И.М. Губкин и присуждается за лучшие научно-исследовательские, проектные и конструкторские работы, представляющие значительный вклад в теорию и практику нефтяной и газовой промышленности.

Традиционно Конкурс проводится с 2012 года и призван способствовать ускорению технического прогресса, росту эффективности, улучшению качества, повышению надежности и безопасности эксплуатации производств, экономии трудовых, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, в том числе и цифровизации производств, охрана окружающей среды.



Условия участия в Конкурсе и форму заявки можно найти на сайте журнала Neftegaz.RU

Заявки на участие принимаются до 21.08.2021 по электронной почте niibt@gubkin.ru





Уч стники конференции «Тр нспортнровк нефти и г з»



Уч стниц Тюменского нефтег зового форум



Студенты Политехнического колледж С хГУ



Р бочн н площ дке Амурского ГПЗ



Производственн я пр ктик студентов Политехнического колледж С хГУ



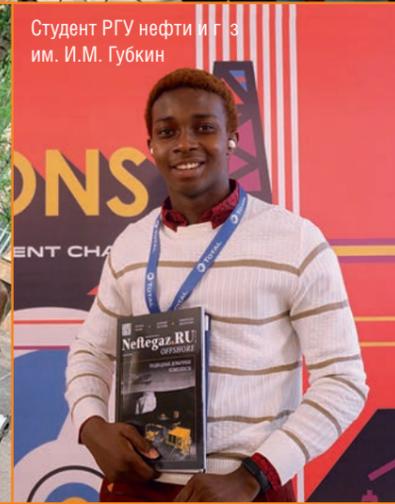
О. Б хтин



А. Нов К



Студенты ТОГУ «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов»



Студент РГУ нефти и газа им. И.М. Губкин



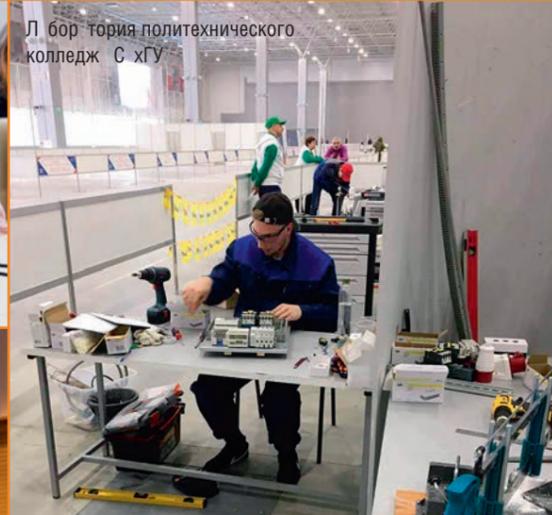
Студенты ТОГУ «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов»



А. Смутьский



Студенты ТОГУ



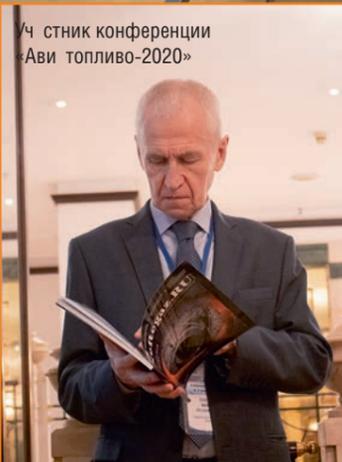
Л бор тория политехнического колледж С хГУ



В. К ров



Уч стники университетской конференции «Тр нспортнровк нефти и г з»



Уч стник конференции «Ави топливо-2020»



Спикер конференции «Тр нспортнровк нефти и г з»



Уч стниц конференции Smart АЗС 2020



Л. Кучеров



Студенческ я конференция «Тр нспортнровк нефти и г з»

# ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР REGUL R500

## 1 Оборудование и инструмент в НГК

### 1.5 Приборы, системы и средства автоматизации

#### 1.5.2 Контрольно-измерительные приборы и аппаратура



Контроллер REGUL R500 предназначен для построения ответственных, отказоустойчивых и распределенных систем АСУ ТП в различных отраслях промышленности.

#### Преимущества

- ответственные решения, требующие повышенной надежности оборудования (поддержка различных схем резервирования контроллеров и ступеней удельного ввода/вывода);
- высокоточные измерительные системы ответственного применения (специальные измерительные модули повышенной точности);
- отказоустойчивые системы управления технологическими объектами с быстроменяющимися физическими процессами (резервируемые системы управления с минимальным циклом исполнения программы);
- специализированные модули высокоскоростного измерения физических параметров;
- распределенные системы АСУ ТП.

#### Функциональные возможности

- поддержка «горячего» резервирования центральных процессоров, источников питания, модулей ввода/вывода;
- дублирование высокоскоростной внутренней шинной структуры;
- различные схемы резервирования контроллеров (100% резервирование, резервирование источников питания и центральных процессоров);
- «горячая» замена всех модулей контроллера (без отключения).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
минимальное время цикла прикладной программы	1 мс
время переключения с основного контроллера на резервный	5 мс / 10 мс в резервированном режиме
точность синхронизации времени	от 50 мкс
диапазон входного напряжения питания	85...264 VAC/120...370 VDC, 18...36 VDC
диапазон рабочих температур	от -40 до +60 °C

- питание и прерывание прикладной программы;
- наборный крейт – возможность наращивания крейта с дискретностью в один модуль;
- подключение ступеней удельного ввода/вывода к центральному процессору по топологии «двойное резервируемое кольцо», «звезда» и смешанной схеме;
- энергонезависимая память – до 3 Гб под архивы пользователей;
- возможность веб-визуализации;
- среды разработки Epsilon LD с поддержкой 5 языков программирования IEC 61131-3.

#### Коммуникационные возможности

##### Поддержка интерфейсов

- RS-232 (9 pin, full duplex, скорость 300...115 200 bps, оптоизоляция 500/1500 В, защита от перенапряжения);
- RS-422/RS-485 (9 pin, скорость 300...115 200 bps, полная оптоизоляция 500 / 1500 В, защита от перенапряжения) – до 96 портов на контроллер;

- Ethernet 10/100/1000 RJ-45 (full duplex) – до 4 портов на ЦП;
- Ethernet 10/100/1000 FO (Single-mode, Multi-mode) – до 2 портов на ЦП.

##### Поддержка протоколов обмена

- IEC 60 870 5 101 (Master/Slave);
- IEC 60 870 5 104 (Master/Slave);
- Modbus RTU (Master/Slave, с возможностями расширения);
- Modbus TCP (Master/Slave, с возможностями расширения);
- OPC DA, OPC UA;
- RegulBus;
- возможность реализации дополнительных протоколов обмена по требованиям заказчика, включая нестандартные.

##### Конструктивное исполнение

- модули с современным дизайном размером (ШхВхГ) 40x180x145 мм;
- удобные съемные клеммники;
- быстрый монтаж на 105 мм DIN-рейку;
- пассивное охлаждение, отсутствие механических и вращающихся элементов конструкции. ●

# Подписка на Деловой журнал Neftegaz.RU

Вы можете искать статьи и материалы по определенным темам и рубрикам, читать экспертные мнения, обсуждать и добавлять в закладки интересное, формируя личную библиотеку интересов



#### Стоимость подписки

	1 номер	Год
Количество номеров	1	12
Электронная версия	2000 ₽	20 000 ₽
Печатная версия	2500 ₽	24 000 ₽
Электронная версия + печатная версия	4000 ₽	34 000 ₽

#### Подписаться на журнал можно:

##### Отдел подписки журнала Neftegaz.RU

+7 (495) 650-14-82  
subs@neftegaz.ru

Быстрая подписка на издание и его форматы через личный кабинет (печатная версия | электронная версия [PDF] | онлайн-версия)

Подписное агентство (Урал-Пресс) | подписной индекс 80627

Для корпоративных клиентов —  
индивидуальные условия!

МЫ ДЕЛАЕМ ВСЁ ДЛЯ  
УДОБСТВА НАШЕЙ  
АУДИТОРИИ!



**Д. Трамп**

Я взял нефть



**В. Путин**

«А у нас в квартире газ! А у вас?»  
И у вас есть, и будет. *(на вопрос В. Зеленского о газе – ред.)*



**Салман ибн Абдул-Азиз**

Мы делаем это добровольно.  
Мы поддержим рынок,  
мы поддержим индустрию



**Э. Энгель**

Последнее, что следует  
делать США, – это расчищать  
путь новым богатым бизнес-  
возможностям для Путина и его  
ближайшего окружения



**Д. Байден**

Мы должны работать над  
тем, чтобы лишить Россию  
возможности использовать  
энергоресурсы в качестве оружия  
против соседних государств



**И. Сечин**

Если бы была возможность  
увеличения лимитов  
на кредитора, это сильно  
помогло бы поддержать наши  
инвестиционные программы



**М. Баркиндо**

«Тебе, невзгода, я раскрыл  
объятья. По мнению  
мудрецов, то путь  
мудрейший» *(о ситуации  
на рынке нефти словами  
У. Шекспира – ред.)*



**А. Новак**

Возможно, в Европе  
будет по-другому, но есть  
еще Африка, Азиатско-  
Тихоокеанский регион,  
Латинская Америка. И здесь  
энергобаланс будет все равно  
в пользу углеводородов



**Л. Федун**

Я бы привел пример Брестского  
мира, когда большевики  
в 1918 году были вынуждены  
пойти на сделку с Германией,  
которая была унижительной  
и тяжелой *(про цену для России  
за согласие снизить добычу  
на 2,5 млн баррелей – ред.)*



**БИЗНЕС БЕЗ ГРАНИЦ**  
**CESSNA CITATION LONGITUDE**



ЗАО «ИстЮнион» – официальный представитель по продажам реактивных самолетов CESSNA CITATION в России и СНГ

				
CITATION M2 Дальность: 2871 km Пассажиры: 7	CITATION CJ3+ Дальность: 3778 km Пассажиры: 9	CITATION CJ4 Дальность: 4010 km Пассажиры: 10	CITATION XLS+ Дальность: 3889 km Пассажиры: 9	
				
CITATION LATITUDE Дальность: 5000 km Пассажиры: 9	CITATION SOVEREIGN+ Дальность: 5926 km Пассажиры: 12	CITATION X+ Дальность: 6408 km Пассажиры: 12	CITATION LONGITUDE Дальность: 6482 km Пассажиры: 12	CITATION HEMISPHERE Дальность: 8330 km Пассажиры: 12

+7 968 759 45 24 – Денис Клепов  
cessna@eastunion.ru  
www.eastunion-fleet.ru



# VITZRO CELL

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРОСЛУЖАТ БОЛЕЕ 10 ЛЕТ

Скважинные телеметрические системы (MWD / LWD) и технологии инспектирования трубопроводов (PIG) широко используются в нефтегазовой отрасли для повышения эффективности работы предприятий



### БЕЗОПАСНОСТЬ:

- повышенная ударопрочность и вибрационное сопротивление
- компактность и надежность
- соблюдение необходимых мер безопасности при производстве батарей



### ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ:

- проведение испытаний
- анализ проблем полевых работ и отчетов
- инженерная поддержка



### ПРЕИМУЩЕСТВА:

- надежный испытательный центр
- вертикально интегрированные производственные процессы
- наличие сертификатов взрывозащиты ATEX / ISO9001 / 14001 / RoHS / UL / Trans. Certi.



### МОДЕЛЬНЫЙ РЯД:

- 10 моделей для MWD и LWD
- 3 модели для PIG & subsea
- индивидуальные модели батарей MWD / LWD / PIG



## VITZROCELL

является единственной в мире компанией, которая разрабатывает и производит литиевые первичные батареи, высокотемпературные батареи и EDLC для использования в AMR, MWD и PIG

## 230 КЛИЕНТОВ

Vitzrocell имеет более 230 стратегических партнеров

## 50 СТРАН

Vitzrocell широко известен в более чем 50 странах и продолжает расширять географию своего присутствия на рынке элементов питания

## 770 МИЛЛИОНОВ

На данный момент Vitzrocell производит и поставляет более 770 миллионов батарей своим клиентам во всем мире

## 33 ГОДА

Vitzrocell является одним из самых надежных производителей литиевых первичных батарей в течение 33 лет с 1987 года

## 2 МИЛЛИОНА

Vitzrocell с 2008 года производит и поставляет более 2 миллионов высокотемпературных элементов и батарей



[www.youtube.com/vitzrocell](https://www.youtube.com/vitzrocell)

Тел.: +82-10-2233-5033 /  
E-mail: [russia@vitzrocell.com](mailto:russia@vitzrocell.com) /

[www.vitzrocell.com](http://www.vitzrocell.com)



CELL