

Рапорт Института Нефти и Газа в Кракове

Рынок нефти и газа в Польше

2012

2012 № 7



Почетный Спонсор:



Minister Gospodarki RP

Главный Спонсор:



Информационный
Партнер:



PwC Energy Group

– Your trusted oil & gas advisor



pwc

Contact:



Wojciech Słowiński
Partner
tel.: +48 (22) 523 4420
wojciech.slowinski@pl.pwc.com



Tomasz Barańczyk
Partner
tel.: +48 (22) 523 4852
tomasz.baranczyk@pl.pwc.com

For years we have supported our clients with knowledge and experience of the oil & gas market. We provide business advisory, legal and tax advisory, audit and accounting consultancy.

Let's talk about the needs of your business.

Оглавление:

<i>Вступительное слово Министра экономики</i>	5
Экономика нефти и газа	7
<i>Фискальная политика, благоприятная для инвесторов</i>	8
<i>Энергетическая безопасность и чистота окружающей среды</i>	12
<i>Эмоции против фактов</i>	16
<i>В правильном ли направлении мы движемся?</i>	20
<i>Какое значение имеет иранская нефть для Европы и мира?</i>	26
Нефть: поиски, добыча, рынок	37
<i>Приоритет – разведка и добыча</i>	38
<i>Больше нефти с месторождения</i>	44
<i>Новаторские методы в геофизике</i>	52
<i>Биомаркёры – современная генетическая характеристика нефтяных систем</i>	60
<i>Безопасная и надёжная работа двигателя</i>	70
<i>Современные методы нефтяных изысканий</i>	80
<i>Увидеть невидимое</i>	90
Газ: добыча, распределение, рынок	113
<i>Основа – это объединение</i>	114
<i>Возможности экспорта природного газа из Польши</i>	118
<i>Рекордные инвестиции</i>	124
Экология в нефтегазовом секторе	139
<i>Биотопливо – шанс или опасность для окружающей среды?</i>	140
<i>Экология на отечественном железнодорожном транспорте</i>	152
<i>Будущее автомобилестроения – ориентация на E85?</i>	158
<i>Современное и эффективное охлаждение</i>	166

Редакция:

Рынок Нефти и Газа в Польше

ISSN 1896-4702

Издательство Института Нефти и Газа в Кракове:

Instytut Nafty i Gazu
31-503 Kraków, ul. Lubicz 25A
Tel.: +48(12) 421 00 33
Fax: +48(12) 430 38 85
email: office@inig.pl
www.inig.pl
REGON: 000023136
NIP: 675-000-12-77
KRS: 0000075478

Редакция:

Instytut Nafty i Gazu
31-503 Kraków, ul. Lubicz 25A
Tel.: +48(12) 421 00 33,
Fax: +48(12) 430 38 85
email: nafta-gaz@inig.pl
www.inig.pl

Маркетинг и реклама:

Wojciech Łyko
e-mail: Wojciech.Lyko@inig.pl

Layout, DTP:

Paweł Noszkiewicz
e-mail: pawel.n@webkreator.com.pl

Редакторы:

Agnieszka J. Kozak
Wojciech Łyko

Сотрудничество с редакцией:

Maria Woźny,
Rafał Wardziński,
Jacek Ciborski,
Anna Kowalewska,
Agata Stafiej-Bartosik,
Iwona Patyk,
Grzegorz Kuś,
Mateusz Konieczny,
Tomasz Barańczuk,
Konrad Michalak,
Jarosław Grzywiński,
Jadwiga Zalewska,
Marek Dohnalik,

Anna Zajezierska,
Wiesława Urzędowska,
Zbigniew Stępień,
Irena Matyasik,
Karolina Pirowska,
Delfina Rogowska,
Arkadiusz Majoch,
Martynika Pałuchowska,
Jan Lubaś,
Wiesław Szott.

Иллюстрации:

Размещенные в данной публикации фотографии и рисунки взяты со страниц: sxc.hu, istockphoto, Grupa Lotos S.A., Instytut Nafty i Gazu, PNiG Sp. z o.o. Остальные иллюстрации были подготовлены авторами текстов.

Печать:

Drukarnia i Agencja Wydawnicza „ARGI”
ul. Żegiestowska 11, Wrocław

Тираж:

1200 экземпляров





WICEPREZES RADY MINISTRÓW
MINISTER GOSPODARKI
Waldemar Pawlak

Варшава, 14 августа 2012 г.

Вступительное слово вице-преьера, министра экономики Вальдемара Павляка для ежегодника „Рынок польской нефти и газа”, издаваемого Институтом Нефти и Газы

Уважаемые господа,

это уже очередное издание ежегодника „Рынок польской нефти и газа”, который я с удовольствием Вам рекомендую.

Рапорт описывает актуальную ситуацию и вызовы, которые стоят перед топливно-энергетической отраслью. Конкурентность этого сектора, его сбалансированное развитие и безопасность поставок – это всё ещё фундаменты польской энергетической политики. С декабря минувшего года в Министерстве экономики продолжаются работы над так называемым тройным энергетическим пакетом, в состав которого входят: газовое законодательство, энергетическое законодательство и закон о возобновляемых источниках энергии. В изменяемых положениях мы предлагаем устойчивые и долгосрочные решения для поддержки отрасли, а особый нажим делаем на использование локальных ресурсов энергии, повышение энергетической эффективности, а также на права потребителей энергии.

Наш приоритет – обеспечение развития рынка природного газа и безопасность его поставок. Поэтому в проект о газовом законодательстве мы включили, в частности, правила поставок для защищенных потребителей, возможность помощи для потребителей с повышенной чувствительностью к природному газу, а также урегулирование правил расширения пересылочной и распределительной систем.

В проект о энергетическом законодательстве включено много вопросов упорядочивающих деятельность в энергетике, напр., сертификация оператора пересылочной системы. В его состав входят также пропотребитель-



Вальдемар Павляк – вице-премьер, министр экономики

ские решения, в частности, помощь для получателей с повышенной чувствительностью к природному газу.

В свою очередь, среди ключевых элементов нового закона о возобновляемых источниках энергии необходимо упомянуть неизменные правила помощи для установок на основе возобновляемых источников энергии, а также сохранение нынешней системы поддержки для уже работающих установок. Мы введём также систему гарантированных цен для избранных технологий выработки электрической энергии и тепла на микро- и небольших установках на основе возобновляемых источников энергии.

Я уверен, что на страницах журнала Института Нефти и Газы мы сможем прочитать об изменениях в законодательстве. Приглашаю к дискуссии над этими вопросами, так как голос экспертов и представителей отрасли для нас очень важен и всегда учитывается при создании новых законопроектов.

„Рынок польской нефти и газа” – это интересное предложение не только для специалистов энергетической отрасли, но также для людей, которые хотят углубить своим знания в широко понимаемом нефтяном и газовом секторе.

От всего сердца предлагаю прочитать новое издание.

Koniec sprawy gazowej
Waldemar





Экономика нефти и газа

Налогообложение газа из сланцевых формаций

Фискальная политика, благоприятная для инвесторов

Томаш Бараньчик, Ивона Патык, Гжегож Кусь

Несмотря на многократные обещания правительства, всё еще не известны новые решения о налогообложении природного газа из сланцевых формаций, а если точнее – всех углеводородов¹. Это создаёт пространство неуверенности для инвесторов, которые ограничивают поисковые работы до необходимого минимума.

В настоящее время в Польше нет специального налога, который платился бы от добычи или продажи природного газа. В связи с вышеуказанным напрашивается вопрос: целесообразно ли введение новой фискальной нагрузки для добывающей отрасли? Для ответа необходимо провести анализ нынешней системы налогов и оплат в Польше, в контексте наилучших мировых практик и трендов.

Какие дани несут добывающие предприятия?

Нынешняя налоговая система для поисковых предприятий, разведывающих или добывающих газ с месторождений как конвенциональных, так и неконвенциональных, сильно не отличается от обременений, которые несут предприниматели из других секторов экономики. Эти субъекты платят подоходный налог по той же самой ставке, что и другие фирмы, имеют те же самые обременения в объёме расчета НДФЛ работников, как и оплаты складок на социальное страхование. Поэтому, благодаря относительной невысокой, по сравнению с некоторыми европейскими странами, 19% ставке налога CIT Польша является привлекательным местом для локализации капиталоемких поисковых ин-

вестиций. Для сравнения, стандартная ставка CIT в Норвегии – 28%, а в Дании 25%, а кроме неё обязывают ещё специальные подоходные налоги достигающие даже 52%.

Но все же имеются еще некоторые исключения по отношению к другим польским предприятиям, связанные с необходимостью оплат от поисковых или добывающих газ предприятий, следующих из Закона о геологическом и горном праве. Этот акт предусматривает несколько видов оплат, которое должны будут понести предприниматели ведущие работы в объёме поиска, разведки или эксплуатации месторождений.

Эти оплаты имеют различный характер: вознаграждение за разрешение использования недр относится к гражданским правовым нормам, а оплаты за поиск, разведку или добычу газа, а также эксплуатационные оплаты чётко определены в цитируемом законе и носят характер относящийся к публично-му праву. Несмотря на то, что к той, второй группе оплат, применяются положения налогового кодекса, касающиеся налоговых обязательств, с формальной точки зрения ни одна из вышеуказанных категорий оплат не является налогом (по крайней мере в объёме языковой интерпретации отечественных регулирований, потому что на уровне ЕС могут иметься сомнения насчёт классификации части из них). Кроме того, размер этих оплат относительно небольшой, особенно учитывая нынешние цены на сырье.

Независимо от того, решится ли законодатель на введение нового налога (по включающему медь и

¹ Состояние на день 23.07.2012 г.

Таблица 1

Эксплуатационная оплата за добычу 1000 м ³ газа в Польше	5,89 зл
Средняя рыночная цена 1000 м ³ газа русского газа в Европе в июне 2012 г.	около 452 USD = около 1525,5 зл
Средняя рыночная цена 1000 м ³ на американском рынке в июне 2012 г.	около 88 USD = около 298,32 зл

Источник: Международный валютный фонд <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>

серебро образцу налога от некоторых ископаемых), или же увеличит уровень обременений следующих из геологического и горного права, этим действиям должен предшествовать широкий анализ экономических последствий, а также общественный диалог, особенно с предпринимателями, которых будут касаться эти регулирования.

Будет ли новый налог касаться только газа из сланцевых формаций?

В СМИ, а также в некоторых высказываниях политиков, введение нового (или высшего) налогообложения чаще всего связывается с добычей природного газа из сланцевых формаций. В этом контексте нужно всё-таки помнить, что налогообложение только „сланцев” скорее всего мало правдоподобно. Так как нет рациональных предпосылок, чтобы решающим о налогообложении критерием была технология добычи газа (для этого в принципе можно в обсуждаемом контексте привести разницу между эксплуатацией конвенциональных и неконвенциональных месторождений, в том числе газа из сланцевых формаций).

В связи с этим, более правдоподобным становится широкое изложение предмета нового налога и налогообложение всех углеводородов, в том числе, в частности, природного газа и нефти. Кажется, что этом направлении идёт правительственная инициатива (во время отозванной в последний момент конференции, назначенной на 13 июня 2012 г., Министерство окружающей среды должно было представить проект „Закона о добыче углеводородов, их налогообложении, а также об Углеводородном фонде”). Следует отметить, что новые налоговые решения будут иметь ключевое значение не только для окупаемости (главным образом зарубежных) инвестиций в эксплуатацию газа из сланцевых формаций, но также – а может и прежде всего – для годами присутствующих на отечественном рынке фирм добывающих конвенциональный газ.

Основные модели мирового налогообложения углеводородов

Налогообложение добычи всех углеводородов давно функционирует также в других странах, в которых ведётся добыча. Форма и вид налогообложения зависят от очень многих факторов, в том числе в первую очередь от системы юридического ведения добывающей деятельности (модели концессионные и модели контрактные), а также от степени развития фискальной администрации в данной стране.

Генерально, обременения можно поделить на оплаты и налоги: 1) оплачиваемые перед началом эксплуатации, 2) причитающиеся во время добычи, 3) оплаты связанные с имеющимися активами.

1. К первой группе принадлежат различные аппликационные и аукционные оплаты (англ. application fees), в частности напр. за выдачу концессии, а также различного вида дополнительные оплаты (англ. signature/ discovery bonus).



2. Среди оплат взимаемых странами на этапе эксплуатации самую существенную роль исполняют подоходные налоги, а также сырьевые пошлины (англ. royalties).
3. Если говорить о подоходных налогах следует отметить, что в некоторых странах, кроме подоходного налога оплачиваемого всеми предпринимателями – на субъектов работающих в газонефтяной отрасли накладывается ещё дополнительный налог (либо обязывает повышенная ставка налогообложения).

Наиболее характерным фискальным инструментом для отрасли всё-таки является взимаемая во многих странах сырьевая пошлина. На практике эта пошлина в разных странах принимает очень разные формы. Старшим решением является пошлина взимаемая от количества добытого газа (англ. quantity based royalty). Такая форма пошлины, это довольно простое решение, потому что основывается на применении установленной ценовой ставки для данной единицы объёма добытого сырья (примером этого вида пошлины является действующая в Польше эксплуатационная оплата). Большим преимуществом этой формы обременения является её прозрачность и простота надзора. Наряду с этим существенным недостатком, с перспективы добывающих предприятий, является факт, что эта оплата побирается независимо от рентабельности (окупаемости) добычи. В случае, когда ставка так насчитываемой сырьевой пошлины

высокая, она может быть существенным фактором отпугивающим инвесторов от начала поиска и добычи газа в данной стране.

Другой формой сырьевой пошлины является пошлина насчитываемая от стоимости добытого сырья (англ. *ad valorem royalty*). Причём стоимость сырья может определяться по-разному (напр. на основании определённых рыночных цен, или как сумма доходов брутто от продаж за вычетом расходов). К сожалению, также и эта форма часто полностью не учитывает платёжных возможностей инвестора, поскольку не зависит от полученного им финансового результата.

Наиболее развернутой формой сырьевой пошлины является оплата зависящая от доходов от добытого газа (англ. *profit/ income based royalty*). Это решение закладывает налогообложение доходов от добычи за вычетом расходов от добычи (часто также предусмотрена сумма свободная от оплат). С перспективы инвесторов это самый выгодный вариант, так как вносят оплаты только тогда, когда их мероприятие приносит прибыли. Поэтому им также легче согласиться с высоким уровнем сырьевой пошлины. Такая форма сырьевой пошлины является эффективным инвестиционным стимулом. Одновременно – так как метод калькуляции и надзора за расчетом верного основания налогообложения в этой ситуации довольно сложный – это решение применяется на практике только в некоторых, наиболее развитых странах, имеющих эффективную налоговую администрацию. К оплатам зависящим от активов относятся напр. налоги от недвижимого имущества, либо другие налоги зависящие от стоимости владеемого предпринимателем имущества.

Норвегия, упоминаемая очень часто как образец налогообложения, применяет модель *profit based royalty* обременяя добывающие предприятия дополнительным подоходным налогом. Похожие решения функционируют в Дании и Великобритании. В свою очередь в Канаде и в части Соединенных Штатов наряду со стандартной ставкой налога от юридического лиц CIT встречается также система *royalties ad valorem*. Стоит однако подчеркнуть, что большинство этих правовых регламентов предусматривает также ряд налоговых облегчений, в частности в объёме амортизации основных фондов применяемых для добычи, льготы на стоимость работ по исследованию и развитию в объёме поиска и добычи, а также возможность оплаты налоговых убытков в течение 20 лет или даже без временных ограничений.

Польские законодательные органы решаясь на введение новой публичной дани, то ли в форме нового налога, или путем повышения существующих оплат должны воспользоваться опытом других государств. Создавая новый закон не должны также забывать о специфике добывающей отрасли.



О чём необходимо помнить вводя новые налоговые обременения?

Кажется, что прежде всего новая система публичных налогов от добычи должна быть сконструирована так, чтобы с одной стороны гарантировать интересы государства, но с другой не оттолкнуть инвесторов от поиска газа в Польше. Горьким примером может быть здесь ситуация провинции Альберта в Канаде, в которой после повышения royalties в 2008 г. дошло до массового ухода инвесторов. В результате налоги были уменьшены, а власти в настоящее время пробуют восстановить репутацию места привлекательного для инвестиций.

Кроме того, каждое публично-правное обременение новым налогом или оплатой должно учитывать расходы на получение доходов для несущих их субъектов. Решение, принятое польским законодательным органом применительно к налогу от меди и серебра (закон о налоге от некоторых ископаемых) характеризуется излишней фискальностью: закон ввёл в налоговую систему правило, что налог от этих ископаемых не может образовывать расходы на получение дохода для расчета подоходных налогов.

Очередным существенным фактором, который польский законодательный орган должен принять во внимание, является длительность инвестиционного процесса в нефтяной и газовой отрасли. С момента начала поисковых работ до добычи газа в промышленном масштабе может пройти несколько, а даже несколько десятков лет. Достаточно отметить, что концессии на поиск и разведку, выдаются в среднем на 5-6 лет и часто продлеваются. В этом контексте, период расчета налоговых убытков в Польше, то есть максимум пять лет после года в котором был понесен убыток, является решительно непригодным к специфике поисковой деятельности.

Имеют значение также правила расчета расходов во времени и амортизации основных фондов. Законодательный орган мог бы обдумать обоснованные характером и времяёмкостью указанной деятельности преференции для избранных категорий расходов/активов добывающих предприятий.

При создании нового права стоит также постараться уточнить статусами скважин, которые являются горными выработками, как и находящегося в них оборудования для нужд налогообложения налогом от недвижимого имущества. Этот вопрос всё еще спорный, а приговор Конституционного трибунала (сигн. акта Р 33/09) не оставляет сомнений, что налоговые предписания в этом объёме сконструированы плохо. Наряду с этим призрак 2% налога от стоимости скважины поощряет гмины (являющиеся бенефициантами налога на недвижимость) для возбуждения судебных

дел, а инвесторов ставит перед перспективой многолетнего судебного спора для получения ответа на вопрос об обязанности и размере вносимого налога.

Последний вопрос, который ввиду специфики поисково-добывающей деятельности очень сильно ударяет в отрасль (неоднократно просто делая ин-

Новая система публичных налогов от добычи должна быть сконструирована так, чтобы с одной стороны гарантировать интересы государства, но с другой не оттолкнуть инвесторов от поиска газа в Польше.

вестиции невозможными) – отсутствие более точных налоговых регуляций касающихся ведения и расчета совместных мероприятий. Имплементация в польскую систему применяемых в мире, типичных для отрасли договоров *farm-out* и *joint operations agreement*, кроме ряда юридических препятствий, может привести даже к потере права на причисление части расходов к стоимости получения доходов.

Послесловие

Налогообложение добывающей отрасли в Польше не принадлежит к лучшим в мире. Много других стран получают пропорционально большую пользу от добычи того же самого количества газа чем польский бюджет. Поэтому видоизменение системы налогообложения этого вида деятельности в Польше – говоря о нынешней экономической ситуации – только вопрос времени. Тем не менее каждое изменение должно быть полностью проанализировано, так как слишком высокие обременения могут эффективно оттолкнуть инвесторов от дальнейшего поиска газа, в том числе от очень рискованного и дорогого поиска газа из сланцевых формаций. Вместе с тем, изменяя систему, польский законодательный орган должен принимать во внимание специфические для отрасли риски и их потенциальные решения, которые успешно функционируют в других странах.

Авторы – сотрудники отдела
юридическо-налогового консалтинга PwC

Томаш Бараньчик – партнёр
Ивона Патык – менеджер

Гжегож Кусь – старший консультант

Экономия и управление газовым сектором на основании СПГ

Энергетическая безопасность и чистота окружающей среды

Рафал Вардзиньски

Учитывая последние 50 лет, структура расхода энергии поддалась заметной трансформации. Хотя доминирующей группой источников энергии все еще является добываемое топливо, то его значение в совокупной продукции всё-таки систематически уменьшается ввиду технологического прогресса, а также развития альтернативных источников. В связи с вездесущей борьбой с глобальным потеплением климата, природный газ – это топливо, которое можно признать одним из наиболее экологических.

Прогнозы для газового рынка очень оптимистические. Значение этого топлива как в польской, так и в мировой экономике растёт, что следует из упомянутого экологического характера этого топлива, или относительно низкой эмиссионности. Также, в результате введения в обиход очень рестрикционных регуляций экономическо-климатического пакета,

та (состав и энергетическая ценность СПГ зависят от „происхождения”, а также шкалы „очистки”), замороженный до температуры -163°C , что позволяет 600-кратно уменьшить его объём, благодаря чему он становится более экономичным при транспортировке. В жидком виде его плотность составляет $0,42-0,49 \text{ г/см}^3$, то есть меньше чем половина плотности воды. Возвращение

По прогнозам, в 2020 г. спрос местного рынка на природный газ может достигнуть уровня около 25 млрд. м^3 , в основном в связи с развитием современной польской электроэнергетики, а в первую очередь со строительством газовых блоков.



требующего от всех стран-членов Евросоюза далеко идущих ограничений эмиссии газов, „голубое топливо”, является оптимальным решением.

Перспектива использования природного газа значительно увеличилась, когда начали применять технологии СПГ (*LNG – Liquefied Natural Gas*). СПГ – это природный газ – смесь 85-99% метана с небольшим добавлением других газов: этана, пропан-бутана, азо-

в газовое состояние происходит в результате противоположного процесса – жидкость нагревается до нормальной температуры, при постоянно контролируемом давлении. Все это приводит к тому, что СПГ является идеальным субститутом на польском газовом рынке, который, как известно, кроме отечественной добычи, приблизительно на 63% зависит от импорта из России.



Кроме применения в промышленности и энергетике, имеется ещё одна возможность использования СПГ в качестве топлива. Балтийское море принадлежит к зоне SECA, созданной Международной морской организацией для защиты окружающей среды с помощью введения регулирований ограничивающих загрязнения с судов, то есть тяжёлым корабельным топливом. Новые правила сократили применение традиционных тяжёлых масел в пользу более экологического топлива, а газ СПГ – это одна из обсуждаемых альтернатив. По доступным анализам, через 5-10 лет большинство судов небольшой дальности будет работать на СПГ, потому что это сырьё относительно дешёвое, лёгкое в транспортировке и встречающееся во многих местах мира. В будущем возможность заправки судов работающих на газе может быть одной из дополнительных функций работы терминала в Свиноустье.

СПГ – не только поддержка диверсификации поставок газа

Сжиженный природный газ играет всё большую роль в глобальной транспортировке газа, в частности как ценовая и логистическая альтернатива для газопроводов. Его преимущества ценятся всё больше также

на нашем региональном рынке. Главной целью постройки терминала для получения сжиженного природного газа в Свиноустье является создание нового, географически неограниченного доступа Польши к мировому рынку СПГ, что позволит обеспечить поставки сырья в случае нарушения их непрерывности из других источников.

Дополнительной выгодой для получателей, вытекающей из специфики рынка СПГ, является свобода и эластичность в объёме моделирования портфеля импорта газа основанного на разных поставках или источниках, а также возможности управления длительностью важности контрактов. Это предоставит участникам рынка возможность покупать газовое топливо на рынках типа „spot“, что в результате позволит воспользоваться такими выгодными ценовыми соотношениями. Одновременные, проводимые в настоящее время в Польше действия по либерализации газового рынка, откроют его для новых участников, что в последствии приведёт к созданию оптимальной модели бизнес-использования газовой инфраструктуры, хотя бы с помощью потребности на предоставление дополнительных услуг, таких как: транспортировка автомобильными и железнодорожными цистернами или танкирование небольших судов. Все эти опции анализируются под углом бизнеса обществом “Польский СПГ” (пол. “Polskie LNG”) и после сдачи инвестиций будут являться (кроме долгосрочного контракта между

Qatargas и PGNiG, являющегося элементом энергетической безопасности государства) очень интересным предложением для коммерческого рынка в Польше.

СПГ может также, при достаточно расширенной регазификационной инфраструктуре и гарантиро-

По сегодняшним прогнозам 2030 год будет переломным моментом, так как СПГ будет доминировать на рынке природного газа – торговля им достигнет 340-600 млрд. м³, в то время как по традиционным газопроводам будет транспортироваться около 340 до 390 млрд. м³. (Источник: EIA)

вании диверсификации источников, быть стержнем энергетической безопасности страны, как, например, в Испании.

Если говорить о бизнес-обоснование логистики транспортировки газа СПГ, то преимуществами больших танкеров-метановозов (*LNG carriers*), напр. типа Q-flex или Q-max, есть, в первую очередь, их относительная эластичность поставок и длинные дистанции, благодаря чему стоимость перевозки СПГ уменьшается вместе с увеличением преодолеваемого расстояния. Потенциальный получатель газа может сам приспособлять график поставок с терминала СПГ, в зависимости от своей потребности, регазификационных способностей инфраструктуры, пересылочных мощностей, складов и т.п. Единственными риск-факторами морском транспортировки являются проливы (Босфор, Ормуз, Баб-эль-Мандеб и Малайский пролив), а также пиратство и терроризм.

Лучше чем газопроводы

Стоит заметить, что СПГ имеет преимущество по сравнению с традиционными газопроводными соединениями: позволяет транспортировать сырье морским путём из любой точки, от любого поставщика. Мы видим в этом „подлинную“ диверсификацию импорта газа в Польшу, то есть нашу „реальную энергетическую безопасность“. Тем более, что развитие технологий СПГ привело к значительному снижению расходов связанных с его производством и логистикой. Эффектом этого является всё большее повсеместное применение СПГ и торговля этим топливом, в основном на основании финансовых инструментов, отточенных для другого сырья, прежде всего нефти. Самое лучшее подтверждение - это факт, что по сведениям Международного газового союза (МГС) в 2011 г. торговля газом СПГ возросла на 8% (то есть почти на 18 млн. тонн) и достигла исторического пика составляющего 241,5 млн. тонн газа. Это произошло, главным образом, в связи с землетрясением и цунами, которое было в Японии в марте 2011 г. Это привёл к остановке всех ядерных реакторов на территории Страны цветущей вишни и к запуску энергоблоков отапливаемых газом. Также поэтому Япония, внезапно, стала одним из крупнейших получателей газа в виде СПГ, перенимая также лидерство на краткосрочном рынке.

Рассматривая вопросы оборота газом СПГ, следует упомянуть, что он продается преимущественно на базе ценовых формул, которые индексируются в связи с ценой на нефть. Подробности определения формул или же самих сделок, заключаемых на их базе являются коммерческой тайной и публично не оглашаются.

Развитие терминалов СПГ

В 2011 году во всём мире сдано в употребление аж 15 новых терминалов, в частности в Голландии, Норвегии, Швеции и Таиланде. В настоящее время уже 27 стран имеет возможность пользоваться газообеспечением в технологии СПГ (источник: International Gas Union – World LNG Report 2011). В большинстве, это страны, для которых защита окружающей среды, в том числе, естественно, климата – вопрос абсолютно приоритетный. Не упоминая уже о том, как часто изменяется их геополитическая или экономическая позиция на карте мира.

Строительство новых установок СПГ для многих стран – это единственное безопасное решение диверсификации поставок этого топлива. Однако есть также примеры таких стран как Голландия или Норвегия, для которых оборот газа СПГ (кроме собствен-




 БОГАТЫЙ ОПЫТ
 В СЕКТОРЕ НЕФТИ И ГАЗА

- Резервуарные парки
- Подземные хранилища газа
- Производственные мощности
- Трубопроводы

ИЛФ Консалтинг Инжинирз Польша ООО является одной из ведущих инженерно-консультационных компаний в мире и оказывает услуги высочайшего уровня в секторах: Нефть и Газ, Энергия, Инженерия Окружающей Среды, Транспортная Инфраструктура.

Благодаря богатому опыту, международному ноу-хау и компетентному персоналу уже 15 лет успешно решаем самые сложные и междисциплинарные задачи, поддерживая наших клиентов на протяжении всего цикла проекта и сочетая технические компетенции многих областей.

www.poland.ilf.com

ИСКУССТВО
ИНЖИНИРИНГА

РЕКЛАМА

ного потребления) является чисто бизнес-решением, направленным на генерирование прибыли.

Говоря о стоимости сжиживания природного газа оценивается, что терминал вместе с хранилищами - это приблизительно 40-45% стоимости полного проекта СПГ, закладывая, что типовая бизнес-модель для СПГ состоит главным образом из четырёх территорий, к которым относятся:

- поисково-добывающая территория, так называемый „upstream“: к ней относим, в частности, затраты на скважины, производственную инфраструктуру, специализированные устройства служащие для очистки газа или газопроводы, служащие для локальной транспортировки сырья на заводы;
- территория продукции „downstream“, где наиболее существенными расходами являются установка сжижения газа, хранилища, а также загрузочная инфраструктура (стоимость терминала для сжижения газа в несколько раз выше стоимости строительства регазифицирующего терминала);
- транспортная территория – обычно этим занимаются специализированные транспортные фирмы располагающие газовозами. Очень

часто производитель газа имеет собственные газовозы;

- регазификационная часть – регазификационный терминал вместе с необходимой инфраструктурой.

В случае строимой регазификационной установки в Свиноустье, осуществляемой обществами “Польский СПГ” и “ГАЗ-СИСТЕМ” (пол. “GAZ-SYSTEM”), характеристическими элементами являются два газохранилища СПГ, каждый объемом 160 тыс. м³, внешний порт вместе с разгрузочной площадкой, разгрузочные краны и эстакада, соединяющая морскую и наземную часть терминала. В это следовало бы включить также строимый газопровод Свиноустье-Щецин, который соединит терминал СПГ с отечественной пересылочной сетью. В первой стадии инфраструктура терминала в Свиноустье позволит получить 5 млрд. м³ газа в год, с возможностью расширения до 7,5 млрд. м³/год, что будет составлять половину годового спроса Польши на газ (14 млрд. м³/год).

Автор является генеральным директором
правления АО “Polskie LNG”

Стратегии общения с местным населением в контексте инвестиций в газ из неконвенциональных месторождений – заключение о начальной фазе деятельности

Эмоции против фактов

АГАТА СТАФЕЙ-БАРТОСИК

Еще не столь длинная, но уже изобилующая неожиданными поворотами история изысканий газа из неконвенциональных месторождений в Польше, вскрывает множество механизмов, влияющих на общение с местным населением. Анализ этих основных закономерностей дает интересную картину современного гражданского диалога, а также указывает на необходимость принятия мер, которые позволят вести реальную и рациональную дискуссию по одной из ключевых тем, определяющих будущее энергетики Польши.

В марте текущего года в населенном пункте Лукта в Варминско-Мазурском воеводстве жители начали отзывать свои согласия на геологические изыскания на своих участках. На вопрос о причине они отвечали следующим образом: *«Мы не хотим здесь газа из сланцев. Если найдут газ на моем поле, тогда его у меня заберут, а моя семья ведет здесь домашнее хозяйство, и мы не хотим от этого отказываться»*. В этой реакции не было бы ничего удивительного, так как в большинстве местонахождений месторождений жители именно так реагируют на появление геологов, но только в Лукте никто газ не ищет. Под руководством профессора Марка Левандовского Институт геологических наук Польской Академии Наук проводит исследование геологической структуры Польши.

Демагогия?

Этот эпизод достаточно удачно иллюстрирует ситуацию непонимания и страха. Когда отсутствует достаточная информация, воображение подсказывает наихудшие решения. Однако, действительно ли всю ответственность можно возложить на недостаточную информированность? Дискуссии на тему преимуществ и недостатков изысканий добычи газа в сланцевых месторождениях ведутся уже в течение определенного времени. Интернет полон отчетов, резюме, призывов и видеороликов – как противников, так и сто-

ронников. Первые бьют тревогу, перечисляя угрозы для окружающей среды и здоровья людей, которые, по их мнению, несет с собой технология *гидравлического разрыва пласта*. Они требуют отказа концессионеров, ужесточения законодательных положений и даже прекращения изысканий неконвенциональных месторождений углеводородов. Сторонники в свою очередь в этом газе усматривают шансы Польши на обеспечение энергетической безопасности на многие годы, независимость от внешних поставок газа и перспективы развития самых бедных районов страны.

Хотя средства массовой информации, главным образом, обращают внимание на протестующих, исследования неизменно показывают, что на уровне общества мы – за. По результатам июньского исследования Центра Анализа Общественного Мнения (CBOS) практически трое из четверых анкетированных (73%) высказываются за изыскания природного газа из сланцевых месторождений в Польше. Противоположного мнения придерживаются 5% респондентов, и почти четвертая часть (23%) опрошенных не имеет на этот счет собственного мнения.

Противники изысканий газа из сланцевых месторождений усматривают не только множество опасностей, возникающих в результате процесса поиска и добычи, но и также обвиняют концессионеров в недостаточной открытости – встречи с жителями проходят, по их мнению, с большим опозданием, информация неполная, а материалы, получаемые от инвесторов – не соответствуют действительности.

Как разговаривать?

Между тем поисковые компании ищут свои способы общения. Некоторые привозят из-за границы готовые заготовки, отработанные приемы и идеи для налаживания отношений с местными жителями. Ведут свою деятельность профессионально в соответствии с самыми лучшими стандартами, проверенными, например, в Соединенных Штатах Америки. Но это не всегда действует. Польское общество отличается от американского, иначе воспринимает информацию, имея за плечами иной опыт, связанный с коммунистической пропагандой и годами злоупотреблений в области общественных связей. Поэтому компаниям очень трудно выстроить такую модель коммуникации, которая предоставит жителям необходимую информацию вовремя. Некоторые предприятия делают ставку на прямые встречи, что также не всегда хорошо заканчивается. Как компании BNK/Saponis, Lane Energy, Chevron, San Leon, так и PGNiG уже имеют опыт общения с неудовлетворенными жителями – что не всегда было связано с собственной деятельностью. Представители компаний неоднократно должны были отвечать на упреки и успокаивать страхи, связанные с поиском и добычей газа. Некоторые местные группы утверждают, что особенно опасаются отравления окружающей среды, воды, деградации природы и ущерба, возникающего в результате бурения и гидравлического разрыва пластов. Другие, в свою очередь, в соответствии с идеей NIMBY (англ. *Not In My Backyard* – отказ от экологически небезопасных операций на своей территории) заявляют: *„Мы не против сланцевого газа, но мы против буровых скважин возле наших домов“.*

Для того, чтобы развеять сомнения жителей, в Польшу приезжают эксперты, но, по мнению воинственно настроенных жителей даже они подготовлены

таким образом, чтобы подтвердить то, чего хочет концерн: *„К нам приезжают специалисты, которые должны быть независимы, но они демонстрируют только плюсы буровых скважин. На некоторые, важные для нас вопросы, они не могут дать ответ либо уходят от темы“* (отзыв жителя Журавлова в Любельском воеводстве). Другой проблемой, характерной для местного населения, является также невосприятие отсутствия полных знаний у предприятия на тему работ, способов,

«Если бы сланцевый газ добывался недалеко от Вашего места проживания, Вы были бы за или против этого решения?»
Около 71% опрошенных жителей Любельского воеводства дали положительный ответ, 21% опрошенных – отрицательный, и только 8% выбрали ответ «трудно сказать».

результатов деятельности – жители часто не учитывают тот факт, что ответы на все вопросы могут быть даны только на основании результатов проведенных изыскательных исследований.

Однако, хотя протесты и являются показательными с привлечением средств массовой информации, противников в действительности гораздо меньше, чем лиц, равнодушно относящихся к данному вопросу, либо сторонников. Интересны результаты исследования общественного мнения, представленные депутатом Европарламента профессором Леной Коларской-Бобинской. На вопрос: «Если бы сланцевый газ добывался недалеко от Вашего места проживания, Вы были бы за



или против этого решения?» Около 71% опрошенных жителей Любельского воеводства дали положительный ответ, 21% опрошенных – отрицательный, и только 8% выбрали ответ «трудно сказать». Исследование проводилось в ноябре 2011 года на репрезентативной выборке в 1000 человек – жителей Любельского воеводства.

И действительно, большинство изыскательных работ удалось реализовать в соответствии с планом и графиком. Не зафиксировано ни одного серьезного воздействия на естественную среду концессионных территорий. Такая констатация – это вода на мельницу инвесторов, которые не ведут никакого диалога с обществом, и которые являются сторонниками старого метода DAD (от англ. *decide, announce, defend* – делай выбор, объявляй о нем и защищай его). К сожалению, среди инвесторов можно встретить и тех, которые утверждают, что для протестующих главными являются только деньги.

Завоевание доверия с помощью поддержки

Для того, чтобы смягчить недоброжелательные настроения, компании постоянно предпринимают действия, поддерживающие существенные потребности местных сообществ. Они проводят пикники, ремонтируют часовни, спонсируют уроки по иностранным языкам и учреждают стипендии. Популярным методом деятельности является организация курсов обучения для органов самоуправления, а также местных журналистов. Если бы удалось собрать и резюмировать вклад концессионеров в развитие территорий, входящих в концессии, результаты могли бы выглядеть очень внушительно.

Тем временем наиболее агрессивные и решительно настроенные противники не тратят время зря. Концессионерам противостоят так называемые протестующие 2.0, получающие информацию в Интернете, которые, используя общественные средства массовой информации, овладели демократическим искусством объединения. Благодаря энергии протестующих было создано уже, как минимум, три новых сообщества, целью которых является деятельность по охране окружающей среды на территориях, включенных в концессии.

Сильные эмоции, разрозненные действия и высокая ставка, вокруг которой и идет вся игра, должны указать концессионерам направление на необходимые действия. Необходим единый сплоченный голос всех концессионеров: либо под эгидой отраслевых организаций, либо с помощью другого посредника-ру-

пора концессионеры должны начать говорить в один голос, чтобы последовательно разоблачить мифы, связанные с добычей газа из неконвенциональных месторождений. Необходимо также понимание того, что ошибка или кризис в какой-либо местности становится проблемой не одного субъекта, а всей отрасли. Различность бизнес-интересов не должна ограничивать возможности сотрудничества в других областях, таких, как контакт с местными сообществами.

Инвесторы должны также принимать во внимание страхи, замечания и потребности жителей. Популярные, созываемые сельскими старостами, информационные встречи являются только одной из возможных форм деятельности. Существует ряд интересных решений, наиболее выгодных для обеих сторон. Ни один из концессионеров не создал серьезного средства массовой информации, которое бы регулярно освещало для жителей важные события в проекте по месту их жительства. Также не учреждена должность, наличие которой требует Европейский Банк реконструкции и развития или Европейский Инвестиционный Банк при предоставлении кредитов на реализацию инвестиций, а именно офицер по связям с местными сообществами. Тем временем, такой сотрудник является идеальным решением как в вопросе поддержания отношений с сообществами, но и также в вопросе раннего выявления зарождающихся беспокойств или конфликтов, возникающих на фоне реализации инвестиции. Стоит также воспользоваться примерами из смежной отрасли – интересный опыт и множество хороших практических умений можно найти в деятельности таких компаний, как Gaz-System, или Polskie LNG.

Явно ощущается также и отсутствие настоящей информационной кампании, проводимой правительством. Предприниматели берут на себя весь груз образования и убеждения местных сообществ без значительной поддержки со стороны правительства. В сочетании с разногласиями вокруг закона о горнодобывающей промышленности, который в текущей редакции разрешает экспроприацию и выселение, концессионеры берут на себя трудную роль в разъяснении положений закона эмоциональной толпе жителей.

В будущем всем участникам инвестиционного процесса предстоит еще большая тяжелая работа, прежде чем природный газ из сланцевых месторождений появится в газовых кухонных плитах и домашних печах. Может быть до того времени мы сможем научиться вести дискуссии и сотрудничать, чтобы совместно принимать решения о будущем Польши как на уровне небольших населенных пунктов, так и на уровне всей страны.

Автор – старший менеджер группы по вопросам сбалансированного развития и добросовестного бизнеса PwC



АО «ПНИГ Краков» АО «Поиски Нефти и Газа Краков»

Более шестидесяти лет
успешного опыта в области бурения

Изменения на газовом рынке

В правильном ли направлении мы движемся?

Яцек Циборски, Анна Ковалевска

Рынок природного газа в Польше стоит на пороге глубоких изменений, направленных на его либерализацию и выполнение требований директив ЕС. Сделать газовый рынок свободным является приоритетным делом не только с точки зрения Европейской Комиссии, внимательно наблюдающей за имеющими место на польском рынке процессами, но, прежде всего, с перспективы польской экономики, для которой стоимость природного газа является основным фактором конкурентоспособности.

Направленные на либерализацию газового рынка изменения и устранение препятствий доступа на этот рынок находятся сейчас на подготовительном или на начальном этапе выполнения. Вот уже несколько лет реализуется программа инвестиций в газовую инфраструктуру. Параллельно вводятся изменения в области организационной структуры и структуры собственности операторов инфраструктуры. Очередными ключевыми инициативами являются начавшиеся в конце 2011 г. работы над программой освобождения газового рынка и создания биржи этого топлива. Согласно предположениям, эти инициативы должны обеспечить развитие конкуренции на рынке, что в свою очередь, согласно заявлению председателя Управления по регулированию энергетики, должно явиться основанием для отмены необходимости утверждения тарифов. В первую очередь отмена этой необходимости планируется для промышленных потребителей, в дальнейшем – для индивидуальных.

Реализация отдельных начинаний и принятые принципы введения изменений будут обуславливать форму будущего газового рынка. Дают ли они шансы сделать рынок более либеральным? Давайте посмотрим внимательно на процессы и инициативы.

Расширение инфраструктуры и обеспечение доступа к ней третьим лицам

Существующие ограничения на польской карте инфраструктуры пропуска являются, прежде всего, следствием исторических условий. В течение многих лет основными были поставки с восточного направления, поэтому газовая инфраструктура строилась для этого направления. Как результат, мощности на пунктах входа в государственную систему с других направлений ограничены, что

Необходимые условия для функционирования свободного газового рынка:

- свободная циркуляция газа между государственным и соседними рынками, а тем самым обеспечение возможности поставок газа с новых направлений;
- свобода выбора поставщика природного газа и его смены получателями природного газа;
- свободный и равный доступ к газовой инфраструктуре, т.е. сети передачи, газовым хранилищам и сети дистрибуции для всех заинтересованных субъектов;
- введение рыночных механизмов торговли газом, а в дальнейшем – повышение значения биржевого рынка, на котором будет определяться средневзвешенная цена природного газа.



Рис. 1. Настоящие и планируемые импортные способности польской газовой инфраструктуры (в млрд м³ в год). Источник: PwC

составляет сейчас ключевое препятствие для доступа субъектов, независимых от польского рынка.

Для устранения этого препятствия и предоставления возможности свободного протекания газа между Польшей и соседними государствами, а тем самым диверсификации источников доступа, специализирующийся на развитии инфраструктуры субъект – GAZ-SYSTEM S.A. – в течение вот уже нескольких лет реализует очень широкую инвестиционную программу. Результатом этих действий был запуск на рубеже 2011 и 2012 гг. новых мощностей на соединениях с соседними государствами – Чехией и Германией. После приобретения фирмой GAZ-SYSTEM S.A. права оперировать на газопроводе «Ямал», стали доступными свободные мощности на входе в систему страны в городах Львувек и Влоцлавек в рамках так называемого виртуального реверса согласно правилам прерывания, что позволило заключать договора на дополнительные поставки природного газа от партнеров с Западной Европы. Ныне совокупно это дает около 3,5 млрд м³ новых мощностей в пунктах входа в систему. Размещение новых мощностей происходит по принципу ТРА. Каждый раз интерес к новым мощностям в несколько раз превышал уровень предоставляемых мощностей, что свидетельствует о потребности рынка в дальнейшем расширении инфраструктуры.

Планируются дальнейшие инвестиции, которые должны диверсифицировать направления поставок. Продолжается строительство терминала в г. Свиноуйсьце, который будет являться новым пунктом входа в систему страны с мощностями первой очереди порядка 5 млрд. м³ газа. Сейчас проводится также анализ строительства соединений с Чехией, Словакией и Литвой (в последнем

случае это будет экспортная связь). Потенциально существует также возможность дальнейшего расширения или строительства нового соединения с Германией и обеспечения физического реверса на газопроводе «Ямал», а также увеличения мощности в пунктах выхода из газопровода «Ямал» в городах Львувек и Влоцлавек и обеспечения к ним доступа для нужд увеличения поставок газового топлива в рамках виртуального реверса.

Для развития газового рынка в Польше очень существенной является складская инфраструктура, обеспечивающая безопасность функционирования системы. С точки зрения предприятий, участвующих в обороте газом, доступ к хранилищам позволяет получить конкурентные преимущества по отношению к другим субъектам путем обеспечения увеличенных поставок в зимний период, балансирования оборота, оптимизации цен закупок и соблюдения требований действующих законов в области обязательных запасов.

В связи с растущим использованием природного газа, а тем самым, растущим рыночным спросом на емкости хранилищ, польская горно-нефтяная промышленность и акционерное общество «Gazownictwo» реализуют план расширения подземных газовых хранилищ. Согласно информации, предоставляемой обществом, планируется последовательное увеличение общего объема на 1,4 млрд. м³ до 2015 г. при доступных около 3 млрд. м³ объема, а плановая величина объема в 2020 г. должна составить 3,5 млрд. м³.

В связи с растущим использованием природного газа, а тем самым, растущим рыночным спросом на емкости хранилищ, польская горно-нефтяная промышленность и акционерное общество «Gazownictwo» реализуют план расширения подземных газовых хранилищ. Согласно информации, предоставляемой обществом, планируется последовательное увеличение общего объема на 1,4 млрд. м³ до 2015 г. при доступных около 3 млрд. м³ объема, а плановая величина объема в 2020 г. должна составить 3,5 млрд. м³.

GAZ-SYSTEM S.A. реализует план расширения межсистемных связей, однако, процесс подготовки и реализации инфраструктурных инвестиций требует времени. Следует ожидать, что в перспективе ближайших нескольких лет далее сохранится дефицит мощностей в пунктах входа с западного направления, что явится препятствием для развития конкуренции в обороте на газовом рынке.

В определенной степени функции хранилищ могут взять на себя другие рыночные решения, появляющиеся в рамках либерализации рынка, напр., обеспечение торгового баланса в рамках ликвидной газовой биржи или

законодательные решения, позволяющие содержать необходимые запасы за пределами страны, при соответственно развитой инфраструктуре на межсистемных коммуникациях. Сейчас положения закона о необходимом резерве в этой области таковы: «Обязательный резерв природного газа может храниться за пределами Республики Польша на территории другого государства, являющегося членом Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ) – а также стороной Договора о Европейском Экономическом Пространстве, в складских системах, подсоединенных к (национальной) газовой системе». При буквальном толковании следует сделать вывод, что складирование газа за пределами Польши возможно на территории Норвегии, Исландии и Лихтенштейна, что практически является невыполнимым. Планируемые изменения в газовом законодательстве, в частности, положений, касающихся газового сектора, содержащихся в законе о госрезерве, предусматривают возможность складирования газа за пределами Польши также на территории государств-членов ЕС.

к хранилищам по принципам ТРА через ОСС будет проверена на практике в рамках очередных процедур, ближайшая из которых, касающаяся г. Могильно, завершится уже в августе текущего года.

Принимая во внимание наличие ряда инфраструктурных ограничений в газовой системе, для оптимизации использования инфраструктуры целесообразным кажется введение и соблюдения принципа «use it or lose it» относительно как мощностей системы пересылки газа, так и системы складирования. Такое решение увеличило бы степень использования инфраструктуры, ограничило бы возможность блокировки производительности участниками рынка и положительно повлияло бы на развитие конкуренции. Предусмотренные до этого момента в «Инструкции по содержанию и эксплуатации газопроводной сети» решения, предоставляющие оператору системы возможность распоряжаться неиспользованными пересылочными мощностями, не явились бы эффективным инструментом оптимизации использования существующей инфраструктуры.

Модели анбандлинга, предусмотренные Третьей газовой директивой

- полное разделение – собственность на активы и функция оператора находятся в распоряжении субъекта, никоим образом не связанного с деятельностью в области производства или поставок;
- независимый оператор системы, т.е. так называемая модель ITO – активы и функция оператора переданы отдельному субъекту, связанному капиталом с предприятием, осуществляющим деятельность в области добычи или оборота;
- независимый оператор транспортировки, т.е. так называемая модель ISO – активы являются собственностью предприятия, осуществляющего деятельность в области добычи или оборота, а функцию оператора с использованием этих активов выполняет отдельное общество, имеющее общий капитал с этим предприятием.

Согласно сообщениям PGNiG [«Польская нефтедобывающая и газовая промышленность»], вместе с введением положений директивы ЕС и выделением оператора системы складирования (ОСС), ко всем последующим передаваемым в эксплуатацию новым объемам будет предоставляться на рынке допуск по принципу ТРА [доступа третьих сторон]. В последующие годы объемы, использовавшиеся до этого компанией PGNiG, будут предлагаться по принципу равноправного доступа. На данный момент официально известны результаты двух процедур представления объема. В первом случае в 2009 г. ни один субъект, кроме компании PGNiG, не объявил о своем споре, скорее всего, по причине отсутствия возможности физической поставки природного газа в Польшу, и соответственно, отсутствия необходимости аренды хранилищ для выполнения закона о госрезерве. В следующем году была проведена очередная процедура, в рамках которой полученные заявления трех субъектов, независимых от PGNiG, были отклонены по формально-правовым причинам. Следует ожидать, что работа модели предоставления доступа

Анбандлинг [юридическое разгруппирование транспортировки газа], как инструмент доступа к инфраструктуре без дискриминации

Третья газовая директива определяет основные положения в области имущественного и операционного разделения (*unbundling*) функций, связанных с транспортировкой, дистрибуцией или хранением и производством или оборотом. Главной целью вводимых Директивой требований является противодействие возникновению конфликтов интересов в области использования инфраструктуры и выполнения инвестиций.

Директива вводит требование правовой, организационной, в том числе при принятии решений, независимости от любых других видов деятельности, не связанных с транспортировкой, дистрибуцией и складированием, включая зоны хранения, однако, точно не определяет мо-

дели такого разделения. Путем *анбандлинга* должна устраниться любая дискриминация в отношении доступа к сети. В связи с этим общим и критичным пунктом всех решений является необходимость обеспечения полной независимости инфраструктурных функций от добычи и оборота. Необходимо обеспечить соответствующий надзор за соблюдением требований, особенно на уровне государств – членов ЕС – путем активного вовлечения субъектов регулирования энергетического рынка.

Модель полного разделения, обеспечивающая формально-правовое разделение, а также разделение капиталов субъектов, а, следовательно, полную прозрачность, в наиболее полной степени соответствует идее *анбандлинга*. Эта модель была применена в Польше для сети пересылки природного газа путем предоставления инфраструктуры и функции оператора обществу GAZ-SYSTEM. К тому же, обсуждается разделение функции надзора над PGNiG и GAZ-SYSTEM между отдельными министерствами – министерством экономики и государственным казначейством.

Действия, целью которых является обеспечение независимости, постепенно предпринимаются также по отношению к системе складирования. Начиная с июня 2012 г., функции OCC выполняет общество, зависимое от PGNiG. В то же время складированные активы остаются собственностью PGNiG. Эту модель следует признать соответствующей требованиям Директивы, однако, для обеспечения полной независимости и прозрачности в рамках этой модели может потребоваться принятие дополнительных решений, таких как внедрение внутренних процедур и регламентов в рамках OCC, гарантирующих полную независимость от компании PGNiG при принятии решений. Соответствующим исходным пунктом в этой области представляются особые условия, предусмотренные в Директиве для операторов системы пересылки. В этом контексте необходимо также обеспечить текущий контроль субъектом регулирования соблюдения требований относительно независимости.

Газовая биржа и изменения Инструкции по содержанию и эксплуатации газопроводной сети

Кроме решения вопросов, связанных с инфраструктурой, либерализация рынка требует проведения ряда системных изменений. Либеральный газовый рынок не может функционировать без введения решений на уровне системы пересылки, таких как, напр., виртуальный пункт, или договора между участниками рынка соответствующих инструментов, позволяющих заключать а и являющихся местом формирования средневзвешенной цены природного газа.

Наличие хранилищ дает преимущество над другими субъектами в остальных сферах деятельности независимо от степени развития рынка. С этой точки зрения, в обеспечение развития конкуренции, необходимо гарантировать полную прозрачность информации относительно доступных хранилищ и их местонахождения.

В настоящий момент выполняется ряд работ, связанных с подготовкой и внедрением таких решений. Новый сетевой кодекс для системы пересылки вводит понятие виртуального пункта, упрощенные принципы балансирования сети пересылки, а также решения, позволяющие поместить хранилища и мощности на стыке хранилищ и системы пересылки. Он позволяет также заменить поставщика газа без риска потери доступа к сети (так называемый «принцип рюкзака»), что упрощает замену поставщика и способствует развитию конкуренции.

Параллельно проводятся работы по открытию газовой биржи в рамках Товарной энергетической биржи. Согласно энергетическому законодательству, оборот газовым топливом на бирже не будет подлежать тарификации по определению. Субъектам – участникам оборота не по-

Принимая во внимание значение прозрачного и равноправного доступа к инфраструктуре с точки зрения участников рынка, необходимо обеспечить независимость операторов инфраструктуры от деятельности в области производства и поставок. Контроль над операторами в этой области должен осуществлять председатель URE, обладающий полномочиями реагирования в случае обнаружения нарушений.

надобится физический доступ к пунктам входа и выхода из сети. Планируется также открытие спот-рынка и рынка срочных контрактов с физической поставкой.

Программа формирования свободного газового рынка

Внедрение таких решений, как виртуальный пункт и газовая биржа, необходимо для развития рынка. Однако следует отметить, что при появляющихся инфраструктурных ограничениях невозможно вхождение на рынок новых субъектов и возникновение конкуренции без внедрения дополнительных решений. Независимые от PGNiG субъекты не имеют сейчас возможности обеспечить существенные поставки газа на внутренний рынок.

На многих европейских рынках для предоставления новым участникам возможности вхождения на рынок были внедрены программы, целью которых является создание условий, обеспечивающих развитие конкуренции. Программы по созданию свободного газового рынка (осуществляемые в форме тендеров, биржевого обязательства [*размер публичной продажи энергии*]) или другие подобные программы направлены на ослабление позиции доминирующего субъекта. Практика других

Согласно первичному варианту программы, продажа газа компанией PGNiG должна была проходить в форме тендеров, организованных при поддержке товарной биржи. Предусмотрен был объем на уровне 70% потребления газа в Польше, что соответствует годовому уровню потребления промышленными получателями. Замечания к подготовленной PGNiG в рамках общественной консультации программе формирования свободного рынка газа, касались всех её аспектов. Главные вопросы касались способов ценообразования, участия в тендерах компаний группы PGNiG и конечных потребителей, а также объема и эластичности предлагаемых на тендерах продуктов. Европейская Комиссия обратила внимание, что программа формирования свободного газового рынка в предлагаемой в то время форме может быть недостаточной для либерализации рынка и создания условий фактической конкуренции.

Принимая во внимание ожидания рынка и замечания Европейской Комиссии, председатель URE предложил реализовать программу в два этапа. На первом этапе должна быть открыта газовая биржа. PGNiG должно было бы



стран показывает, что их внедрение имело негативные последствия для традиционно доминирующих на рынке компаний.

Целью проведения программы формирования свободного газового рынка в Польше является создание оптового рынка и способствование развитию конкуренции на газовом рынке, что позволит отменить тарифы, и тем самым отклонить обвинения со стороны Европейской Комиссии относительно сохранения регулирования цен на рынке этого топлива в Польше. В первую очередь, освобождение должно наступить для институциональных получателей при сохранении тарифов для индивидуальных потребителей (чтобы защитить приусадебные хозяйства от потенциального роста цен). Освобождение цен для этой группы ожидается в более далекой перспективе – не ранее 2015 года.

выполнять роль аниматора на рынке, предлагая природный газ его участникам. На втором этапе предлагалось ввести биржевое обязательство, как это было сделано на энергетическом рынке. Согласно позиции председателя URE, представленной в конце мая, введенное обязательство должно было относиться к 70 % газа, продаваемого наиболее крупными участниками рынка.

Однако представленный депутатами проект изменения энергетического законодательства с июня 2012 г. устанавливает значительно более низкий объем, т.е. определяет обязательство продажи 15% вводимого в сеть природного газа, что соответствует примерно 2 млрд м³ сырья в год. Сложно ожидать, чтобы такое нововведение значительно изменило газовый рынок – увеличение количества альтернативных поставщиков и снижение концентрации возможностей. В связи с этим возникает сомнение,

что 15-процентная обязанность позволила бы реализовать одну из основных целей, устанавливаемых председателем URE для программы, а именно: сделать цены на газ свободными для промышленных потребителей.

Предлагаемое решение можно сравнить с рынком электроэнергии, на котором также функционирует 15-процентное биржевое обязательство публичной продажи. Следует, однако, иметь в виду другую ситуацию на оптовом рынке энергии – перед введением решения были освобождены долгосрочные контракты, а на рынке функционировало четыре производителя энергии.

Принимая во внимание вышеизложенное, следует сделать вывод, что изменение регуляций должно быть направлено на увеличение объема обязательства публичной продажи, свыше предлагаемых 15%, или на введение механизма прогрессивного обязательства, возможно его дополнение вспомогательными открытыми тендерами.

Эффективный процесс либерализации рынка требует координации и последовательности действий. Успех программы может в значительной степени зависеть от процедур смены поставщика. Европейская Комиссия обращала внимание на необходимость адаптации польского права к положениям Третьей газовой директивы в этой области и на необходимость предоставить всем пользователям возможность беспрепятственной смены поставщика в трехнедельный срок. Независимо от вышеуказанного, развитию конкуренции способствовало бы также обеспечение возможности частично снизить заказанные объемы газа в рамках договоров, заключенных между получателями и доминирующим субъектом. Конкретных требований в этой области нет, но тем не менее, с точки зрения отечественных субъектов, связанных договорами о поставках газа, такая возможность является обязательным условием для участия в PUG [Программа формирования свободного рынка газа]. Этот вопрос должен быть согласован до внедрения программы.

Выводы

Свободный и равноправный доступ к межсистемным коммуникациям и инфраструктуре хранилищ является ключевым условием для развития конкуренции. В связи с этим последние действия по расширению инфраструктуры и открытию к ней доступа заинтересованных субъектов на принципах ТРА, а также повышение прозрачности функционирования ОСС следует считать благоприятствующими либерализации рынка. Однако всё ещё много предстоит сделать, а значительных результатов как следствия уже осуществленных мероприятий (напр., ликвидации «узких мест» на соединениях с западными и южными соседями) придется подождать.

В ситуации, когда в течение нескольких лет будут существовать обусловленные инфраструктурой ограниче-

ния, внедрение инициатив наподобие программы формирования свободного газового рынка может привести к росту конкуренции, однако, фактическое освобождение наступит лишь после снятия барьеров вхождения на рынок. Тем не менее, решения, направленные на либерализацию отрасли, должны реализовываться на диктуемых рынком условиях. Ключевые работы, связанные с демополизацией, должны координироваться независимо от доминирующих субъектов. Одновременно освобождение газового рынка должно касаться также спроса – с помощью упрощения процесса смены поставщика и возможности частичного прекращения договоров.

В период введения ключевых изменений, направленных на либерализацию, субъект регулирования должен обладать соответствующими инструментами, позволяющими контролировать участников рынка и соответственно реагировать. В связи с этим следует считать обоснованным расширение полномочий председателя URE как органа, контролирующего развитие рынка. Необходимо также полное внедрение положений Третьей директивы, относящихся к этой области.

Ключом для стимулирования развития конкуренции в отрасли является эффективная программа формирования свободного газового рынка. Гарантией успеха ее внедрения должен быть субъект регулирования рынка, оснащенный соответствующими инструментами. Главным критерием подборки решений в рамках программы, в т. ч. определения входящих в программу объемов, должна быть либерализация рынка согласно принципам и графику, принятым субъектом регулирования.

Следует заметить, что параллельно происходит много процессов, в которые вовлечены различные организации и субъекты хозяйственной деятельности. Чтобы либерализация прошла согласно ожиданиям, необходимо координировать действия, соблюдать определенную последовательность внедрения и обеспечивать согласованность вводимых решений.

Юридическое состояние на 24 июля 2012 г.

*Автор – Яцек Циборски, вице-директор
отдела бизнес-консалтинга PwC*

*Автор – Анна Ковалевска, старший консультант
отдела бизнес-консалтинга PwC*

Последствия введения эмбарго на иранскую нефть

Какое значение имеет иранская нефть для Европы и мира?

МАРИЯ ВОЗЬНЫ

На протяжении последних лет весь мир пристально наблюдает за действиями Ирана в области получения атомной энергии. Иранская ядерная программа уже многократно вызывала контroversии, провоцируя очередные страны вводить всё более острейшие санкции. Выводы, содержащиеся в рапорте Международного агентства по атомной энергии, опубликованные осенью 2011 г., оказались настолько тревожными, что склонили мир к принятию ещё более решительных и скоординированных действий. В результате большинство стран приостановили или значительно сократили импорт иранской нефти.

Будут ли действия, предпринятые против Ирана, эффективными? Какое влияние на глобальную экономику будет иметь наложение таких строгих санкций на страну, которая является третьим по величине экспортёром нефти и крупным производителем природного газа? В этом убедимся в ближайшее время.

Богатство ресурсов и санкции против Ирана

Иран – важный пункт на энергетической карте мира. По данным Oil & Gas Journal, подтвержденные документами месторождения нефти на территории Ирана достигают уровня 137 млрд. баррелей, что составляет 9,3% мировых ресурсов, а также свыше 12% ресурсов ОПЕК. Интересный факт, что в июле 2011 г. ОПЕК подал, что ресурсы Ирана составляют 151 млрд. баррелей, однако значительная часть аналитиков считает эти оценки мало достоверными, ввиду опубликования их сразу же после повышения прогноза ресурсов нефти находящихся на территории Ирака, который занимает следующее, после Ирана, место в рейтинге стран с крупнейшими ресурсами нефти в мире. Актуализация Ираном величины ресурсов, по мнению неко-

торых, представляется как желание увеличить дистанцию с извечным конкурентом.

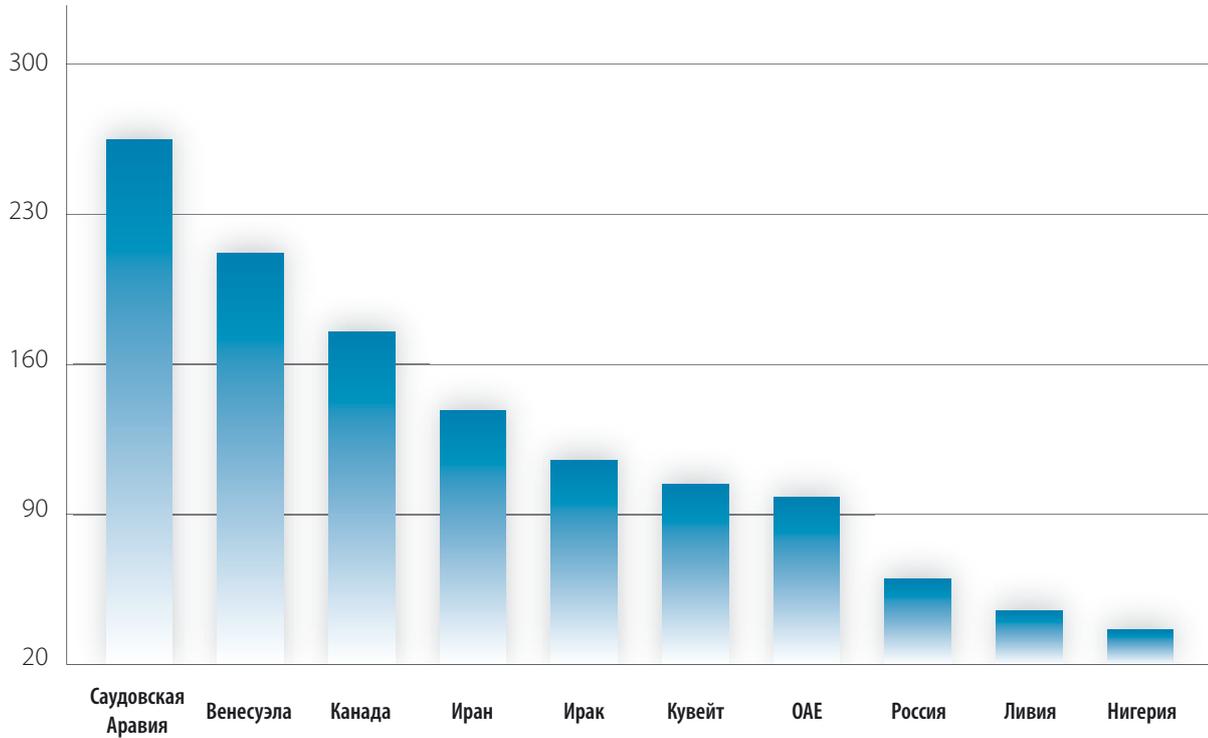
Все природные ресурсы Ирана находятся в руках государства – частная и заграничная собственность на сырье конституционно запрещена. Поэтому не удивляет факт, что государственная собственность таких богатых ресурсов гарантирует высокие бюджетные поступления – оценивается, что свыше половины иранского бюджета может происходить от экспорта нефти. Следовательно, зависимость иранского правительства от „чёрного золота“ очень высока и это именно она стала главным инструментом воздействия западных государств на начинания режима аятолл. Экспорт на уровне около 2,4-2,5 млн. баррелей в день много лет гарантировал Ирану третье место в рейтинге крупнейших глобальных экспортёров нефти.

Но все же, в последних месяцах можно заметить значительное снижение спроса заявляемого на иранское сырьё. Это результат прямых последствий радикальных санкций наложенных, и с упорно внедряемых, США и Евросоюзом. В результате объем экспорта иранской нефти находится в настоящее время на самом нижнем уровне за тридцать лет, равным около 1,5-1,6 млн. баррелей в день.

Санкции на Иран накладывались разными странами и организациями уже на протяжении многих лет. Что является результатом развития Ираном ядерной

Диаграмма 1. Резервы нефти (на 1 января 2011) в миллиардах баррелей

Источник: Oil and Gas Journal, 2011



программы, которая, в соответствии с заверениями иранского правительства, предназначена для мирных целей. Однако подозрения значительной части мира показывают, что он может быть использован в военных целях. Соединённые Штаты уже со времен разрыва дипломатических отношений с Ираном в 1980 г. накладывали всё более и более рестрикционные санкции, которые в эффекте привели к прекращению всей торговли между обеими странами. Одновременно ООН, в результате отказа от прекращения обогащения урана и неустановления Ираном сотрудничества с Международным агентством по атомной энергии, начиная с 2006 г. накладывает на эту страну очередные пакеты санкции, которые привели, в частности, к приостановке странами-членами поставок оружия и атомной технологии на территорию Ирана, а также к заморозке финансовых средств самых важных лиц и предприятий иранской атомной промышленности.

Однако, ключевой оказалась публикация осенью 2011 г. рапорта Международного агентства по атомной энергии. Содержащееся в ней выводы настолько встревожили весь мир, что привели к глобальной мобилизации, в следствии которой было введение странами всех континентов серии радикальных санкций. Упомянутый рапорт констатирует, что правительство Ирана уже предприняло основные шаги позволяющие производить атомное оружие, и даже подозревает

Иран в проведении работ над собственной бомбой по крайней мере с 2010 г.

В ответ на такое состояние дел президент Соединенных Штатов Барак Обама подписал, в декабре 2011 г., указ, накладывающий санкции на заграничные банки ведущие трансакции покупки и продажи нефти с иранским центральным банком.

Эхо эмбарго

Независимо от действий США, предпринятых 23 января 2012 г., министры иностранных дел Евросоюза приняли общее решение о наложении эмбарго на импорт иранской нефти, заморозке средств принадлежащих центральному банку Ирана, а также прекращении торговли золотом и другими благородными металлами с иранским центральным банком и иранскими общественными учреждениями. Наряду с этим министры решили отсрочить срок введения эмбарго до 1 июля 2012 г., чтобы страны-члены имели достаточно времени найти альтернативные источники импорта нефти.

Как только была обнародована информация о планируемых США и ЕС действиях, аналитики и экономисты сырьевого рынка начали создавать прогнозы последствий предпринятых шагов на рынок нефти и

Диаграмма 2. Экспорт нефти (баррелей/день)

Источник: CIA, the World Factbook

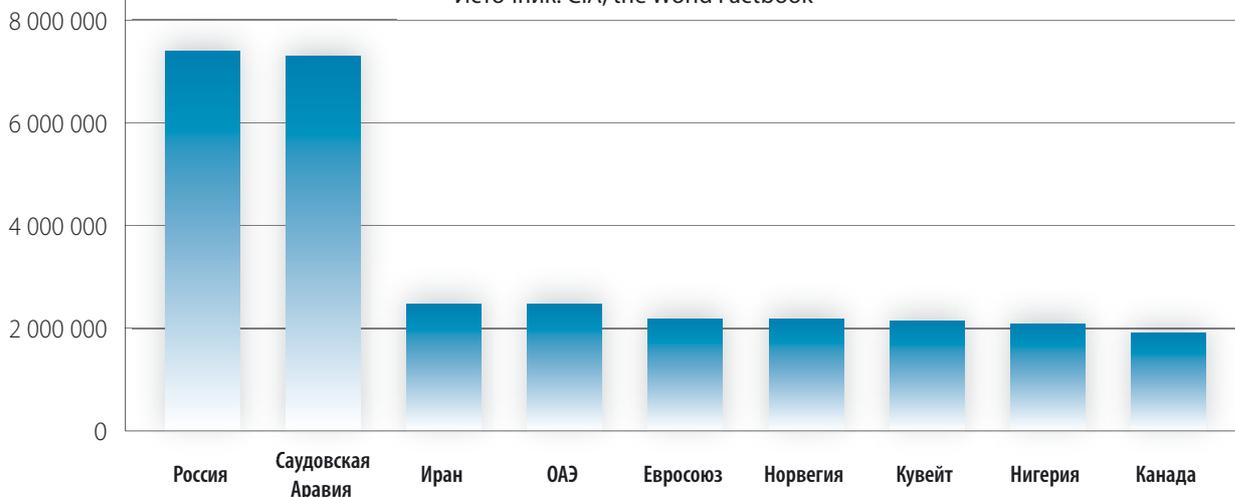
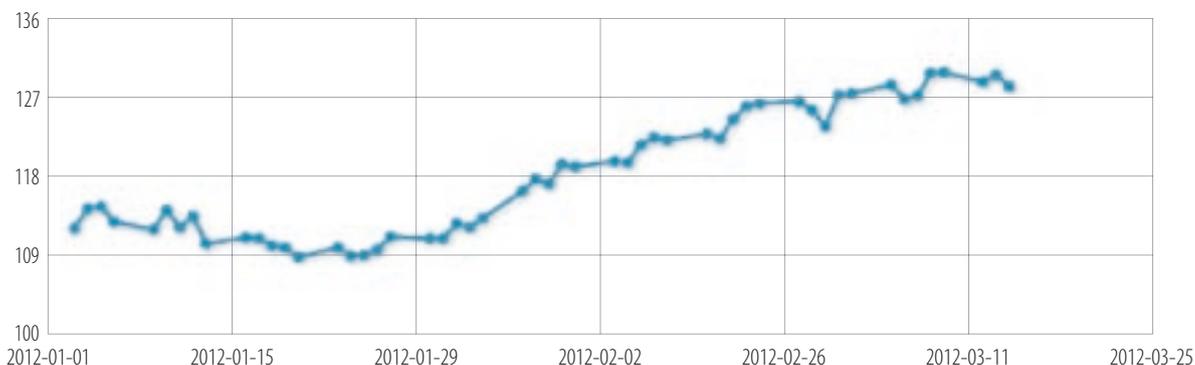


Диаграмма 3. Динамика цены на нефть Brent за январь-март 2012 г.

Источник: Reuters, www.reutersknowledge.com



глобальную экономику. Казалось, что в первых неделях перевешивали скептические мнения. Аналитики помнили преимущественно декабрьские угрозы Ирана, в соответствии с которыми он хотел заблокировать пролив Ормуз, если США и ЕС наложили бы санкции на экспорт иранской нефти. Блокада пролива, через который проходит почти 40% мировой торговли нефтью морским путём и 20% полной мировой торговли нефтью в тот момент, когда глобальная экономика и так борется с трудностями, за короткое время могла бы взвинтить цену на нефть до невиданного до сих пор уровня и пошатнуть мировую экономическую стабилизацию.

Дальнейший ход событий трудно предусмотреть. По мнению решительного большинства экспертов, Иран был бы в состоянии заблокировать пролив только в переходной период, однако часть аналитиков считает, что мир недооценивает военную силу, детермина-

цию, а также международное содействие, на которое может рассчитывать Иран, и оценивают, что схватка на водах пролива Ормуз могла бы установить новую экономическо-хозяйственную систему сил в мире.

Не мешает отметить, что имеются предпосылки указывающие на факт предоставления Россией содействия иранской атомной программе. Подозревается, что Россия осуществляла для Ирана поставки обогащенного урана, а также предоставляла ему содействие в объёме *ноу-хау*. Министр иностранных дел России официально заявил, что вооружённая интервенция в Иране была бы серьёзной ошибкой и могла бы повлечь за собой последствия, которые невозможно предусмотреть. Иранская ядерная программа может быть также поддерживаться Пакистаном и Северной Кореей, которая неоднократно уже бросала вызов миру тестируя атомное оружие. Несмотря на то, что решительное большинство аналитиков считает низкой вероятностью

такого сценария, а сам Иран вскоре после объявления санкций перестал угрожать блокадой пролива Ормуз, инвесторы были вынуждены учесть в цене нефти риск начала военного конфликта, что отчётливо показывает диаграмма 2.

Нефть дорожает из-за рестрикций

В соответствии с оценками EIA, санкции привели к снижению мирового предложения приблизительно на 800 тыс. – 1 млн. баррелей в день, что переложило на рост цен с уровня около 110 долларов до около 130 долларов (повышение почти на 20% на протяжении немного более месяца). Рост цен увеличил круг противников эмбарго, которые оспаривали ответственность введённых санкций. В условиях динамически растущих цен на нефть, бюджетные поступления от экспорта „чёрного золота“ могли оказаться выше, даже при более низком объеме продажи – что совсем искажало обоснованность введённых санкций. Впрочем, Иран нашёл обход эмбарго ЕС – иранские танкеры транспортировали нефть в Египет, а затем откуда по трубопроводам она закачивалась на европейские очистительные заводы.

Аналитики указывали, что кроме самого Ирана, введенные США и ЕС санкции будут чувствительны для стран покрывающих значительную часть своего заказа на нефть иранским сырьём.

Зависимость от иранской нефти

Странами Евросоюза, наиболее сильно зависящими от импорта из Ирана были те страны-члены, экономика которых находилась в очень слабой кондиции: Италия, Испания и Греция. Италия и Испания вместе принимали почти 75% экспортируемой в ЕС иранской нефти. Обе страны в 2011 г. покрывали около 13% своей полного спроса на нефть благодаря иранскому сырью.

Греция, несмотря на то, что импортировала только небольшую часть иранской нефти, сильно зависела от неё – EIA оценивает, что в 2011 г. эта страна покрывала более 50% спроса на сырьё импортом из Ирана. Такое состояние в большой степени зависело от финансовых проблем, с которыми Греция боролась в последнее время. Низкая ликвидность и ограниченный доступ к кредитному финансированию, склонили греческое правительство к увеличению импорта дешёвой нефти из Ирана, который, более того, не требовал от греков банковских гарантий на покупку. Следовательно, не удивляет факт, что это в ЕС именно Греция была самым громким оппонентом эмбарго.

Крупнейшими получателями иранской нефти много лет были всё-таки азиатские страны, и это именно они наиболее болезненно должны были ощутить последствия санкций введённых Соединёнными Штатами; это касается в частности Китая, Японии, Индии, Южной Кореи и Турции.

Санкции застали Японию в особенно трудный момент – остановка атомной электростанции в Фукусиме увеличило ей спрос на другие источники энергии – в том числе на нефть. Турция, которая так же как и Греция была сильно зависима от иранской нефти, очень долго критиковала санкции и противилась сотрудничеству с США и ЕС утверждая, что её не касаются действия, которые не были ратифицированы ООН. Наряду с этим турецкое правительство знало, что утверждение ООН эмбарго невозможно, так как на это не позволили бы Россия и Китай, которые в этом вопросе наверняка не заколебались бы воспользоваться правом вета.

В марте текущего года президент Барак Обама огласил, что страны, которые до 28 июня 2012 г. значительно не снизят импорт сырья из Ирана, будут лишены помощи из американской финансовой системы. Также в марте ЕС решила отрезать Иран от системы SWIFT, которая поддерживает телекоммуникационную сеть посредничающую в международных сделках между финансовыми учреждениями. Эти действия были явным сигналом того, что ни ЕС, ни США не намереваются смягчить свою политику по отношению к Ирану и с упорством будут стремиться к ситуации, в которой снижение поступлений от экспорта нефти заставит Иран приступить к сотрудничеству с Международным агентством по атомной энергии и верифицировать свою ядерную программу.

Что взамен за иранскую нефть?

Одновременно, США, понимая, что высокие цены на нефть искажают смысл вводимых санкций и увеличивают круг их противников, начали интенсифицировать действия для обеспечения замены иранской нефти – представители правительства США отправились в Саудовскую Аравию, для ведения переговоров о увеличении продукции. Саудовская Аравия согласилась восполнить нехватку иранской нефти в мировом предложении, несмотря на то, что Иран ранее предупреждал о начале ответных действий против страны, которая решится на такой шаг. Официальная аргументация, поданная Саудовской Аравией, говорила о необходимости снижения цен на „чёрное золото“ для подъёма глобальной экономики, которая в условиях продолжения роста цен могла бы иметь серьёзные трудности при выходе из маразма, в котором находится десятки месяцев. Такая ситуация переложилась бы на долго-



Иран – нефти (январь-июнь 2011)

Страна	% экспорта Ирана	Объем нефти импортированной из Ирана (в тыс. баррелей в день)	Иранская нефть как % импортируемой нефти
Евросоюз	18	450	
Италия	7	183	13
Испания	6	137	13
Франция	2	49	4
Германия	1	17	1
Великобритания	<1	11	1
Голландия	1	33	2
Другие	1	22	1
Япония	14	341	10
Индия	13	328	11
Южная Корея	10	244	10
Турция	7	182	51
ЮАР	4	98	25
Шри-Ланка	2	39	100
Тайвань	1	33	4
Китай	22	543	11

временное снижение валового спроса на сырьё и, в результате, на снижение влияний стран ОПЕК.

В результате действий, предпринятых Саудовской Аравией, в апреле 2012 г. производство сырья во всех странах ОПЕК увеличилось до рекордного уровня на протяжении последних 30 лет, составляющего около 31,85 млн. баррелей нефти ежедневно – то есть свыше 5% больше, чем составляет официальный лимит продукции стран ОПЕК (30 млн. баррелей ежедневно). В соответствии с оценками EIA, в результате увеличения продукции сырья Саудовской Аравией в апреле 2012 г. на глобальном рынке нефти появился излишек в размере около 2 млн. баррелей ежедневно. Одновременно страны G8 предупредили, что не заколеблются использовать свои стратегические запасы, если в связи с санкциями наложенными на Иран, цены на нефть будут дальше расти. Как сообщает IEA, к этим заверениям следует относиться всерьёз, так как похожая ситуация уже была во время кризиса в Ливии.

Политическая решимость сохранить котировки нефти на низком уровне просто огромная – сам президент Барак Обама официально заверил союзников, чтобы не опасались роста цен на нефть. Наряду с этим EIA обязалось мониторировать и прогнозировать доступность, а также цены на нефть и производных нефтепродуктов в других странах и каждые 60 дней пода-

вать в конгресс США итоговый рапорт, чтобы конгресс в случае необходимости мог интервенировать.

Параллельно политики стараются успокоить аналитиков припоминая, что интервенция в Ираке привела к сокращению мирового предложения нефти на около 3 млн. баррелей ежедневно, то есть трижды больше, чем снижение предложения вызванное санкциями наложенными на Иран, а всё-таки рост котировок на нефть не был аж так динамичным. Эффектом всех описанных выше действий было изменение растущего тренда котировок на нефть в середине марта 2012 г., что отчётливо показывает диаграмма 3.

Спекулянты или реакция рынка?

Как подаёт ОПЕК, в апреле, мае и июне текущего года котировки на нефть спадали почти по 10%, что было самой глубокой и длительной волной падений на протяжении последних 13 лет. Причиной таких заметных падений котировок нефти есть – по мнению ОПЕК – несколько факторов: массовая спекуляционная распродажа срочных контрактов на нефть, превышение предложения, вызванное увеличением продукции Саудовской Аравией, риск для стабильности зоны евро и

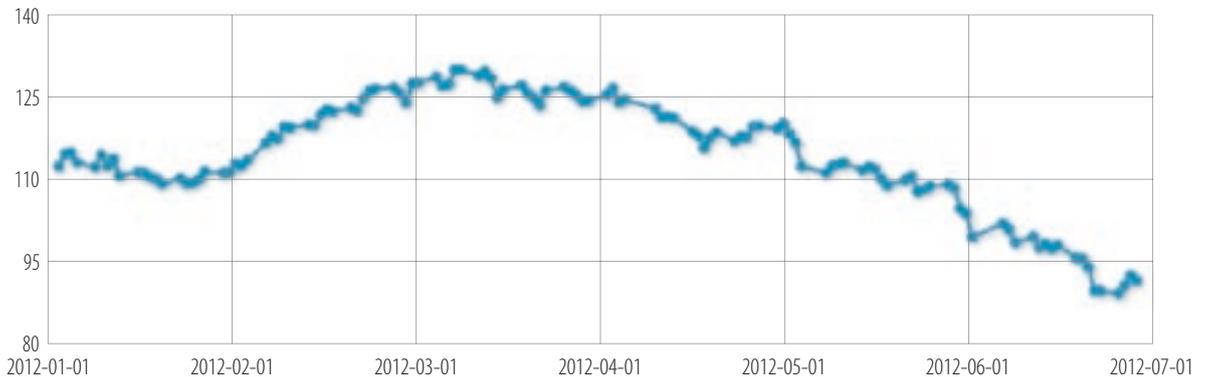
плохие макроэкономические данные, в частности также по Китаю и Индии. В соответствии с данными ОПЕК, периодом характеризующимся особенной активностью спекуляционных инвесторов был май, когда игроки занимающие длительные позиции продали более 830 тыс. контрактов на протяжении всего-навсего двух недель.

Параллельно с падением цен возрастал политический нажим на импортирующие нефть страны. Не-

кущего года, политический нажим приспешил этот процесс. Отсутствие возможности страхования груза оттолкнул фирмы обслуживающие транспортировку нефти по морю от дальнейшего сотрудничества с Ираном. Учитывая, что осуществление поставок иранского сырья танкерами плавающими под отечественным флагом было затруднено тем, что иранские танкеры не могут заходить в большинство международных портов, введение вышеуказанного запрета имело для Ирана

Диаграмма 4. Динамика цены на нефть Brent за январь-июнь 2012 г.

Источник: Reuters, www.reutersknowledge.com



смотря на то, что эмбарго ЕС должно было быть введено 1 июля 2012 г., большинство стран-членов уже в первые месяцы года остановило импорт иранской нефти. После отсоединения Ирана от системы SWIFT и вызванными этим трудностями в обслуживании торговли с Ираном, а также сильно сопротивляющаяся эмбарго Греция была вынуждена заменить импорт иранской нефти поставками из России и Саудовской Аравии. Это именно эти две страны вместе с Ливией заменили Иран в роли поставщика сырья на европейский рынок. А так как к концу марта все европейские страны остановили или значительно снизили объем импорта иранской нефти, уже в первых числах апреля они были освобождены от санкций наложенных США.

Санкции ЕС, кроме эмбарго, предусматривали также запрет на страхование европейскими страховыми фирмами транспортировки иранской нефти морским путём. Здесь необходимо подчеркнуть, что почти 95% совокупной транспортировки нефти танкерами страховали фирмы находящиеся в Лондоне. Несмотря на то, что так же как и в случае эмбарго, вышеуказанный запрет должен был войти в жизнь только с 1 июля те-

болезненные последствия. По мнению большинства экспертов, этот запрет оказался намного чувствительнее от самого эмбарго.

Вслед за Европой пошли также азиатские страны. По данным Рейтер, Япония которая в 2011 г. импортировала в среднем 340 тыс. баррелей ежедневно, в марте 2012 г. снизила покупку иранского сырья до уровня 300 тыс. баррелей ежедневно, а месяц позже до уровня около 120 тыс. баррелей в день. Благодаря таким значительным снижениям в апреле Япония была освобождена от санкций наложенных США. Не мешает подчеркнуть, что правительство Страны цветущей вишни многократно подчёркивало, что не в состоянии полностью отказаться от покупки иранского сырья. Поэтому в ситуации, когда стало невозможно застраховать танкеры в занимающихся этим до сих пор фирмах ЕС, японское правительство предоставило государственные гарантии на страхование поставок иранского сырья на территорию Японии до суммы 7,6 млрд. долларов.

Индия, Турция, Южная Корея и ЮАР, которые долго находились в американском „чёрном списке” и дол-

го не хотели одобрить эмбарго, в конце концов также предприняли действия с целью сокращения покупок нефти в Иране. По данным Рейтер, Индия, а также особенно не одобряющая санкции Турция, смогли сократить импорт иранской нефти приблизительно на 20%, ЮАР на около 40%, а Южная Корея 1 июля 2012 г. решила полностью отказаться от покупки сырья в Иране, причём решение корейского правительства было продиктовано главным образом осложнениями на рынке страхования. В результате, 11 июня эти страны были освобождены от санкций наложенных США.

Китайское исключение

Огромной загадкой остается освобождение от санкций Китая, который является крупнейшим инвестором на территории Ирана, а также крупнейшим импортёром добываемой там нефти. Здесь следует вспомнить, что нефтяной рынок в Иране контролируется государственным предприятием National Iranian Oil Company (вместе с зависимыми обществами), которое подчиняется Министерству по вопросам нефти, а публичная собственность природного сырья гарантирована конституцией, поэтому инвестирование иностранными фирмами значительно осложнено. Официально заграничные фирмы могут принимать участие только в добывающих проектах, с помощью так называемого "buy back contracts". Однако ввиду очередных рестрикций, накладываемых на Иран, в течение нескольких месяцев наблюдался отток заграничных инвесторов из этой страны. Несмотря на это, проекты типа *upstream* всё ещё осуществляются вместе с китайскими предприятиями, как в случае месторождения Азадеган (26 млрд. баррелей документально подтвержденных ресурсов по данным EIA) – крупнейшего месторождения открытого на территории Ирана в течение последних 30 лет. Это месторождение эксплуатируется группой China National Petroleum Corporation; первоначально в проекте должна была участвовать также японская фирма INPEX, но в 2010 г. полностью отказалась от этого мероприятия.

Китай также является крупнейшим импортёром иранской нефти, в соответствии с оценками EIA – потребляет около 22% сырья добываемого на территории Ирана. Одновременно Китай многократно подчёркивал, что не будет соблюдать никакие санкции, накладываемые на Иран. Поэтому тоже мир с большим недоумением наблюдал за действием китайского правительства в первом квартале текущего года, когда импорт иранского сырья в Китай уменьшился почти на 33% относительно 2011 г. Однако, как оказалось впоследствии, это снижение было вызвано скорее всего недоговоренностью между правительствами обоих

стран относительно ценовых условий за осуществляемые поставки сырья, а не был выражением присоединения Китая к международным санкциям. Эту гипотезу подтверждает факт, что несмотря на то, что в первом квартале 2012 г. импорт иранской нефти на территорию Китая сократился, то в апреле и мае уже отметил рост приблизительно на 48% и 35% ежемесячно.

Большинство аналитиков отмечает, что реальная продажа нефти из Ирана в Китай может быть выше, чем официальные данные, так как иранские танкеры выключили системы позиционирования, из-за чего нельзя проследить поставки. В таких условиях, освобождение Китая от наложенных на Иран санкций, как ответ на мнимое присоединение Китая к санкциям США в последнюю неделю июня, стало причиной того, что правительство США на глазах многих наблюдателей потеряло достоверность. Правда, часть аналитиков предсказывала, что Китай будет освобожден от санкции, однако никто не ожидал такой аргументации. Считалось, что официальный повод, поданный для публичного сведения, будет более близкий к реалиям, чем это была бы напр. ссылка США на вопрос национальной безопасности.

Риск вооружённого конфликта

В июле Би-би-си подало, что Иран нашёл еще один обход эмбарго ЕС. 15 из 39 иранских танкеров плавают под флагом острова Тувалу, транспортируя иранскую нефть на весь мир. Однако, несмотря на конструирование всё более и более изысканных способов обхода санкций, не удастся скрыть, что Иран больно ощутил их последствия. В соответствии с оценками EIA, влияние наложенных США санкций, а также эмбарго введённое ЕС, было сравнимо. Как санкции, так и эмбарго вызвали снижение валового спроса на иранскую нефть приблизительно на 500 тыс. баррелей нефти ежедневно. Совокупное снижение спроса на 1 млн. баррелей нефти ежедневно, то есть почти наполовину по сравнению со средним уровнем последних лет, значительно уменьшил поступления в бюджет Ирану, чего скорее всего более всего ощутили средние граждане, чем сам режим. Что правда, пока не слышны слухи об общественных беспорядках и усилении оппозиции в масштабе, сравнимым с тем, который был в Египте или в Ливии во время арабской «весны народов» в 2011 г., однако можно ожидать, что сохранение возникшей сейчас ситуации в длительной перспективе будет увеличивать риск взрыва общественных волнений.

Неожиданное снижение спроса на иранскую нефть при неизменном уровне продукции и небольших складских объёмах, которыми располагает Иран, заставили страну складировать излишки нефти в танкерах.

Когда и те были заполнены, Иран был вынужден существенно снизить продукцию. Как подаёт EIA, производство иранской нефти находится теперь на низшем уровне за 10 лет. В опубликованном в июне рапорте ОПЕК снижение между январем и маем составляет около 16% – по собственным оценкам ОПЕК базирующимся на внешних источниках. Интересный факт, что в информации, предоставляемой ОПЕК самим Ираном, говорится о приблизительно 6% росте продукции в том же самом периоде – однако, эти данные кажутся очень мало достоверными.

Высокий темп снижения добычи (8-13% в год) из иранских месторождений приводит к тому, что появилась необходимость продельвания дорогостоящих процедур по интенсификации эксплуатации, тогда как отток заграничного капитала, а также низкие поступления от экспорта нефти переносятся на недостаток средств на финансирование таких процедур. Со времени введения санкций общее число проектов осуществляемых в сегменте *upstream* в Иране значительно сократилось, а те, которые продолжают, замедляются из-за отсутствия доступа к специализированным знаниям, технологии и финансированию. В результате, EIA

Со времени введения санкций общее число проектов осуществляемых в сегменте *upstream* в Иране значительно сократилось, а те, которые продолжают, замедляются из-за отсутствия доступа к специализированным знаниям, технологии и финансированию. В результате, EIA оценивает, что производственные способности Ирана снизятся приблизительно на 15% до конца 2012 г.

оценивает, что производственные способности Ирана снизятся приблизительно на 15% до конца 2012 г.

Последствия введения США и ЕС санкций оказались для Ирана очень чувствительными. Наверное, значительно более чувствительные, чем в начале предусматривали аналитики, экономисты и, наверное, даже сам Иран. Трудно однако оценить, насколько этот факт перенесётся на действия иранского правительства, сотрудничество с Международным Агентством по атомной энергии и развитие ситуации в объёме иранской ядерной программы. Эта программа является вопросом национальной гордости, а также, в глазах иранских политиков, тесно связана с национальной безопасностью, поэтому, пожалуй, тяжело будет убедить правительство аятолл отказаться от нее. Тем более, что совсем недавно Иран мог наблюдать, что случалось с режимами стран, которые упали во время арабской

„весны народов“, что не повторилось позже в случае Северной Кореи, у которой есть атомное оружие.

Угрозы Ирана начать блокаду пролива Ормуз в настоящий момент также кажутся мало достоверными. С другой стороны, приближающиеся в США президентские выборы позволяют предполагать, что Барак Обама также будет стараться смягчать ситуацию и, хотя бы до осени, удержать нынешний *статус-кво*. Одновременно, как показали последние месяцы, детерминация американцев по сохранению цен на нефть на низком уровне очень сильная – что позволяет предполагать, что в случае дальнейших нажимов на рост котировок сырья, США вмешались бы вновь, используя для этой цели, в частности, свои отношения с Саудовской Аравией, которая уже несколько месяцев безотказно заменяет Иран в роли поставщика нефти.

Несмотря на нажим со стороны многих стран-членов ОПЕК соблюдать установленный уровень добычи на уровне 30 млн. баррелей ежедневно, мало вероятно, чтобы крепко подружившаяся с Западом Саудовская Аравия сократила в ближайших месяцах добычу сырья. В такой системе наиболее вероятным кажется сценарий, в котором хотя бы к концу 2012 г. санкции введённые против Ирана не будут иметь большого влияния как на мировую, так и европейскую экономику. Вдобавок, предположения ОПЕК, в соответствии с которыми валовой спрос на сырьё в 2013 г. должен сократиться приблизительно на 10%, позволяет считать, что введение эмбарго на нефть из Ирана не должен иметь чувствительных последствий для экономики западных государств даже в будущем году. Одновременно часть аналитиков ждёт, что деструкционное влияние, которое введённые санкции оказывают на хозяйственную кондицию Ирана, приведёт к протестам местного населения, что склонит ряд аятолл к сотрудничеству с США и ЕС.

Но все же очевидно, что в случае отсутствия мирного решения спора между западными государствами и Ираном в более длительной перспективе, США должны бы были занять более решительную позицию против Китая, так как если те не начнут соблюдать введённые санкции, тяжело будет представить эффективность рестрикций. Более того, риск военного конфликта, хотя и мало вероятно, реальный и не следует его игнорировать. Ситуация настолько напряжённая, что небольшая искра могла бы привести к взрыву международной войны, последствия которой сегодня тяжело предусмотреть. Симуляции конфликта, проводимые американскими вооружёнными силами, не исключают применения даже тактического ядерного оружия.

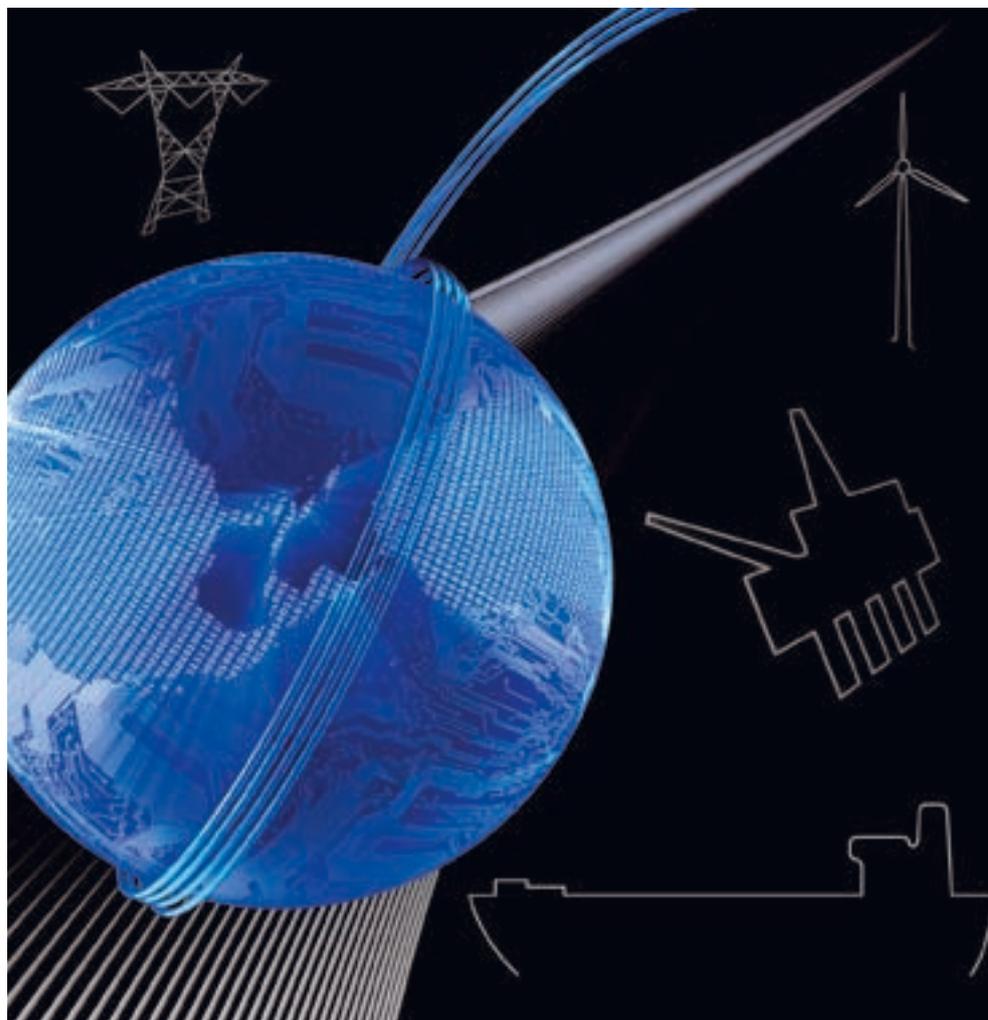
Автор – старший консультант
отдела бизнес-консалтинга PwC



MANAGING RISK

DET NORSKE VERITAS

Необходимость обеспечения энергией в соответствии со спросом ставит перед нефтегазовой промышленностью всё большие вызовы, а общественное мнение диктует условие производства топлива и химических веществ по удовлетворяющим его ценам. DNV, как лидер в области развития технологии, постоянно поддерживает промышленность и помогает надёжно и безопасно достигнуть цель. Наши независимые услуги по оценке, сертификации и проверке на соответствие со стандартами, регуляциями и наилучшей практикой, позволяют провести техническое оптимизирование и эффективность бизнес-операций, а также вопросы, связанные с общественностью и окружающей средой.



Наши услуги

Проверка и сертификация для подтверждения исполнения ожиданий и требований владельцев, властей и остальных клиентов относительно безопасности, защиты окружающей среды и функциональности.

Оценка новой технологии – это проверка того, что она будет функционировать внутри установленных границ на удовлетворительном уровне надёжности.

Управление охраной труда – включает все аспекты идентификации, оценки, а также техконтроля и системы управления в вопросах имеющих влияние на потенциальную безопасность, здоровье и окружающую среду.

Управление риском активов – для помощи организациям безопасно и надёжно получить максимальную прибыль от объекта, оборудования и сотрудников, без нарушения требований по безопасности и окружающей среде.

Управление риском предприятия – увеличивает его стоимость с помощью поддержки процесса принятия решений, ограничения внезапных событий и увеличения способности для достижения целей мероприятия.

Предоставление **компьютерного софта**, позволяющего эффективно управлять процессами по надзору и оценивать техническое состояние оборудования.

Проведение оценки технического состояния вместе с расчётами позволяющими **увеличить период эксплуатации** устройств и оборудования.

Выполнимость и Due Dilligence. Оцениваем осуществимость проекта, а также оцениваем стоимость мероприятия и имущества для проведения банковских анализов.

DET NORSKE VERITAS POLAND Sp. z o.o.
Ul. Łużycka 6e | 81-537 Gdynia | Poland
www.dnv.pl
www.dnv.pl/gaz

Tel. +48 58 51 15 199 | +48 51 15 061 | +48 58 51 15 026 | +48 58 51 15 062
Fax +48 58 51 15 102





Нефть:

поиски, добыча,
рынок

Сырьё и технологии – гарантия сбалансированного развития компании Grupa LOTOS

Приоритет – разведка и добыча

Изменчивость условий в макроэкономическом окружении нефтяного сектора, ожидание явных сигналов экономического оживления в Европе, а также предположения экспертов относительно сохранения цены на нефть выше 100 USD за баррель в длительной перспективе заставляют нефтяные компании активно развиваться.

Врешительно более выгодной ситуации находятся те нефтяные концерны, которые располагают собственной сырьевой базой и технологией глубокой конверсии. Компания Grupa LOTOS (материнское общество Группы LOTOS, управляет НПЗ в Гданьске), благодаря внедренной несколько лет назад стратегии развития, а также успешно проведенным стратегическим инвестиционным действиям, включенным в Про-

Применение в нефтяном секторе самых современных технологий от известных производителей, дало гданьскому нефтеперерабатывающему заводу возможность весьма глубокой переработки сырья, что при изменчивой ситуации цен на нефть, даёт возможность получения с каждого барреля нефти, невзирая на конкретный сорт, максимум высокомаржевых продуктов, какими являются средние дистилляты.

грамму 10+, исполняет сегодня оба эти критерия. Для гданьского компании будущий и последующие года будут временем дальнейшего развития, цель которого – повышение безопасности в польском энергетическом секторе, укрепление позиции на топливном рынке, а также рост стоимости компании.

Нефтеперерабатывающая отрасль уже сегодня укрепляет потенциальное рыночное преимущество компании Grupa LOTOS. Благодаря планомерно и про-

фессионально осуществлённой инвестиции, которой было строительство новых установок для переработки нефти и продукции жидкого топлива (в рамках Программы 10+), Grupa LOTOS уже сегодня находится на хорошей позиции для достижения значительной прибыли во время улучшения макроэкономической ситуации.

В настоящее время в Европе начинает не хватать современных мощностей по переработке нефти в высокомаржевое топливо. Ответом на такой спрос являются установки на гданьском НПЗ компании Grupa LOTOS, поставляющие продукты высочайшего качества и вместе с тем лучше перерабатывающие сырьё. Благодаря инвестициям в технологию концерн повышает финансовую эффективность операционного сегмента и укрепляет на рынке свою конкурентную позицию. Эти преимущества LOTOS всё более сильно будут видны и ощутимы уже в этом году, вместе с возрастающим нажимом конкуренции в нефтяном секторе. Подтверждением правильно определённой стратегии развития компании и её эффективной реализации были рекордные результаты за 2011 г. Приходы от продажи полученные компанией, за четыре квартала прошлого года, достигли уровня почти 30 млрд. зл и были на 49% выше ежегодных. В 2011 году компания выработала операционную прибыль на уровне 1 млрд. 16 млн. зл, а также прибыль нетто в размере 654 млн. зл.

Технологии будущего

Почему именно технологии стали козырем компании Grupa LOTOS? Ответ простой. Компания, входя в минувшее десятилетие, планировала свое разви-

тие не только в контексте опережения конкуренции, но и приспособления своего продуктового предложения к новым требованиям рынка. Правление решило, что технологический скачок в развитии компании уже не вопрос выбора, а необходимость. Только развитие НПЗ и его модернизация на основе наилучших мировых технологий (Best Available Techniques) позволили фирме занять стратегическую позицию среди европейских нефтеперерабатывающих заводов.

Программа 10+, стоимость которой составила 1,5 млрд. евро, оказалась крупнейшей промышленной инвестицией последнего десятилетия в Польше. Это было огромное инвестиционное мероприятие в масштабе не только отечественной, но и европейской нефтеперерабатывающей промышленности, и вместе с тем новаторским технологическим и организационным скачком в будущее. Программа 10+ стала одним из фундаментальных элементов энергетической безопасности Польши, потому что гданьский нефтеперерабатывающий завод увеличил переработку нефти на 75%, с 6 млн. до 10,5 млн. тонн в год. Профессионализм подхода к этой инвестиции проявляется в том, что НПЗ имеет гарантированную многолетнюю перспективу безопасной работы с высочайшими техническими параметрами и с наилучшими рыночными результатами.

Применение в нефтяном секторе самых современных технологий от известных производителей,

дало гданьскому нефтеперерабатывающему заводу возможность весьма глубокой переработки сырья, что при изменчивой ситуации цен на нефть, даёт возможность получения с каждого барреля нефти, невзирая на конкретный сорт, максимум высокомаржевых продуктов, какими являются средние дистилляты. Благодаря сооружению второй, независимой линии дистилляции нефти, нефтеперерабатывающий завод может работать в режиме непрерывной работы, также во время ремонтных простоев. Это имеет огромное значение для технической, рыночной и финансовой эффективности.

Эффекты изменений были видны уже в 2011 г. Консолидированная продажа Группы LOTOS превысила тогда 10 млн. тонн продуктов, то есть увеличилась почти на 14% относительно предыдущего года. Наряду с этим компания в состоянии предложить рынку продукты исполняющие строгие требования ЕС. Нормы по защите окружающей среды систематически обостряются, благодаря чему дружественный для окружающей среды компании Grupa LOTOS уже сейчас работает дешевле и безопаснее. Чем меньше тяжёлых продуктов, тот мягче последствия влияния предприятия на окружения. Примененная «зелёная» технология эффективно снижает экологические издержки работы нефтеперерабатывающего завода. Большие производственные возможности завода в Гданьске переносятся также на расширение торгового предложения.





fot. Mateusz Cabak

Нефть из собственных ресурсов

Профессионально руководимый нефтяной концерн должен активно действовать в области разведки и добычи углеводородов. Это непосредственно влияет на повышение её стоимости, предоставляет стабилизацию и безопасность долговременной работы, а также сказывается на улучшении окупаемости производства. Поэтому сегмент разведки и добычи нефти является приоритетом стратегии Группы LOTOS в 2011-2015 годах. На практике это означает продолжение активности в проектах, связанных с разведкой и добычей в Польше, Норвегии и Литве.

В соответствии с принятой стратегией, Группа LOTOS предусматривает добычу 1,2 млн. тонн нефти в год до 2015 г. Сейчас считается, что добываемые ресурсы нефти, для концессий, которыми распоряжается компания, составляют около 55 млн. баррелей и 4,5 млрд. м³ природного газа. LOTOS концентрируется на Европе, сознательно выбирая регион с низким уровнем риска (в частности: законодательного, политического и общественно-культурного). Благодаря эксплуатации месторождений концерн получит двойную выгоду: обеспечит безопасность поставок из собственных ресурсов, а также добьется цены на сырье ниже

рыночной. Это важно, поскольку нефть, по мнению аналитиков, в долговременной перспективе, будет скорее дорожать чем дешеветь. В последствии, если наступит явное оживление в мировой экономике, увеличится также спрос на сырьё.

Уменьшающееся число легко доступных месторождений вызывает интерес к поиску новых пластов, а это означает всё более трудные условия и всё высшую цену за баррель. Поэтому Группа LOTOS систематически расширяет свои работы по разведке и добыче. На Балтийском море компания LOTOS Petrobaltic имеет семь концессий на поиск конвенциональных и неконвенциональных месторождений углеводородов. Находятся в восточной части польской исключительной экономической зоны Балтийского моря. На Балтике эксплуатируется месторождение В3 (нефть и природный газ). Ведется также временная добыча с месторождения В8.

Кроме того, для освоения имеются также газовые месторождения – В4 и В6, о которых LOTOS ведёт переговоры с потенциальными партнёрами. В Норвегии LOTOS Exploration and Production Norge AS распоряжается восемью поисково-добывающими концессиями на Норвежском континентальном шельфе, а в трёх исполняет функцию оператора, то есть является фир-

мой лидирующей во всём процессе освоения месторождения, а также запуске продукции. Во II квартале 2012 г. запланировано бурение поисково-разведочной скважины в рамках лицензии PL497, в которой LOTOS Norge имеет 10% акций. На концессии PL498 (оператор LOTOS Norge) осуществляется подготовка к бурению поисково-разведочной скважины, что должно наступить на рубеже III и IV квартала этого года.

Благодаря принятию 100% акций в компании АВ Geonafta (теперь LOTOS Geonafta), концерн получил доступ до материковых нефтяных месторождений на территории Литвы. Компания ведёт бурение четырёх разведывательных и эксплуатационных скважин. LOTOS заинтересован также поиском и добычей сланцевого газа в Литве. В этом году компания намеревается пробурить одну скважину в рамках поиска неконвенционального газа и определения потенциала месторождений. Если концерн найдёт партнёров для этих проектов, не исключает бурение очередных скважин. Компания осознаёт факт, что добыча сланцевого газа – это трудная задача с огромным масштабом работ, для которых требуется специализированный опыт, сложные технологии и значительный бюджет. С этим связаны также аспекты окружающей среды и общественные. Наверняка сланцевый газ может укрепить безопасность в энергетическом секторе, однако конкретных результатов – добычи и дистрибуции – придётся подождать много лет.

Современная сеть продажи

В соответствии с данными агентства JBC Energy в 2012 г. предполагаемое увеличение спроса на нефть в странах Центрально-Восточной Европы составит 35 тыс. б/с. За этот период в Польше ожидается приблизительно 4% увеличение. Это следует, прежде всего, из повышенного отечественного спроса на привозное масло со стороны транспортного сектора.

Концерн, выходя навстречу растущим потребностям клиентов, а с другой стороны желая разместить на рынке большее число продуктов, полученных с построенных в рамках Программы 10+ производственных установок, интенсивно развивает сеть дистрибуции и продажи. В июле 2011 г. успешно введена на рынок новая марка экономических заправочных станций – LOTOS Optima. В конце 2011 г. открыто 50 таких объектов, а в итоге их должно быть 150. В настоящее время в сети LOTOS работает более 360 заправочных станций. Благодаря расширению и модернизации сети участие компании Grupa LOTOS в отечественной розничной продаже топлива в феврале 2012 г. составило 8,2%, что укрепило позицию компании в этой области. Доля в оптовом топливном рынке в указанном перио-



де достигла уровня почти 35,1%. Что на 5,1 больше чем поставленная стратегическая цель. Это говорит как о высокой производительности производственного нефтеперерабатывающего завода, который осуществляет растущие заявки оптовых потребителей, так и об увеличивающемся спросе на топлива высочайшего качества предлагаемое компанией Grupa LOTOS. ■

АО Предприятие по эксплуатации нефтепроводов „Дружба“

PERN „Przyjaźń” S.A. (русс. АО Предприятие по эксплуатации нефтепроводов „Дружба”) – это активно развивающаяся Финансовая группа, в состав которой, кроме **АО „Przyjaźń”**, входят пять зависимых компаний: ООО “OLPP”, ООО “NAFTOPORT”, ООО “CDRIA”, ООО “PETROMOR” и АО “Siarkopol Gdańsk”. Группу дополняет Международное нефтяное предприятие ООО “SARMATIA” – общество, созданное для изучения окупаемости постройки Евро-азиатского нефтетранспортного коридора. Всего группа имеет около 3,0 млн. м³ хранилищных ёмкостей для нефти и 1,8 млн. м³ для жидкого топлива. Располагает морским перегрузочным терминалом мощностью 34 млн. тонн нефти в год. Ведёт деятельность в области транспортировки, перевалки и складирования нефти, перевалки и блендирования топлива, а также лабораторного исследования нефтепродуктов.

PERN „Przyjaźń” – доминирующая компания Финансовой группы; общество, 100% акций которого принадлежат Государственному казначейству. Было создано в 1959 году для транспортировки нефти из России в Польшу и Восточную Германию. Общество управляет сетью свыше 1,5 тыс. км нефтяных и нефтепродуктовых трубопроводов.

Основной задачей Общества является эксплуатация сети трубопроводов, транспортирующих российскую нефть для крупнейших производителей топлива в Польше и Германии. Осуществлять эти услуги позволяет нефтепровод „Дружба”, пролегающий от Адамова (расположенного на границе Польши с Белоруссией) до Плоцка, а затем до Шведт в Германии. Большую роль в снабжении нефтью польских нефтеперерабатывающих заводов играет также Поморский нефтепровод, соединяющий Плоцк с Гданьском, позволяющий транспортировать сырьё в обоих направлениях. В этом случае нефть может закачиваться в гданьский “Нафтопорт”, откуда танкерами отправляться на экспорт. Этот нефтепровод позволяет также снабжать польские и немецкие нефтеперерабатывающие заводы сырьём с других направлений, не обслуживаемых нефтепроводом „Дружба”. В последствии это знаменует начало так называемых поставок „с моря”, их перегрузку в “Нафтопорте” и зачатку сырья в направлении Плоцка.

Кроме сети пересылочных нефтепроводов, **PERN „Przyjaźń”** имеет также сеть нефтепродуктовых трубопроводов, используемых для транспортировки жидкого топлива, производимого нефтеперерабатывающими заводами. Из Плоцка эта сеть расходится лучами в направлении Варшавы, Познани и Ченстоховы.

Чрезвычайно важной – для энергетической безопасности страны – услугой, предоставляемой **PERN „Przyjaźń”**, является складирование нефти. Общество имеет три хранилищных базы: в Адамове, Плоцке и Гданьске, оборудованных резервуарами объемом от 32 тыс. до 100 тыс. м³.

Przedsiębiorstwo Eksploatacji Rurociągów Naftowych „Przyjaźń” S.A.
ul. Wyszogrodzka 133, 09-410 Płock

tel: (024) 266 23 00
fax: (024) 266 22 03

e-mail: zarzad@pern.com.pl
www.pern.com.pl



Лидер топливно- нефтяной логистики



Возможности увеличения степени истощения нефтяных месторождений

Больше нефти с месторождения

Ян Любась, Веслав Шотт

В эпоху заинтересованности нетрадиционными месторождениями углеводородов нельзя недооценивать уже открытые, за счет огромных затрат, конвенциональные нефтяные пласты. Размер уже подтвержденных геологических ресурсов, в масштабе страны, очень внушительный и превышает 100 млн. тонн. Во времена растущих цен на нефть, увеличение степени истощения месторождений, хотя и существенный с экономической точки зрения, имеет также престижное значение для польской нефтяной промышленности – пионера мировой нефтепромышленности.

Эксплуатация нефтяных месторождений будет рациональной и эффективной только тогда, когда будут внедрены соответствующие, для имеющихся на месторождении условий, методы повышения добычи. Применение только так называемых первичных методов эксплуатации, использующих только энергию нефтяного месторождения, позволяют получить незначительную степень истощения первичных геологических ресурсов. Лишь внедрение вспомогательных методов, так называемых вторичных и третичных методов – использующих вытеснение нефти энергией и внешними агентами – может в эффекте позволить продуктивно, и в соответствии с правилами горнопромышленного дела, исчерпать открытые ресурсы нефти.

Степень истощения нефтяных ресурсов первичными методами является результатом воздействия энергетической системы, имеющейся на данном месторождении, и, в зависимости от её активности, может колебаться от 5% до 60% [5]. Однако типовые значения истощения первичными методами изменяются в границах 5÷20% [6]. Применение методов вспомогания добычи нефти может привести даже к её двукратному увеличению. Это особенно важно, так как увеличение нефтедобычи в этом случае можно получить используя имеющуюся подземную и надземную инфраструктуру, что значительно влияет на итоговые экономические коэффициенты.

Предыдущие проекты внедренные на польских нефтяных месторождениях

На польских землях, а особенно в Карпатах, начиная с 30 годов XX века использовали, часто с очень хорошими результатами, методы вспомогания добыче нефти. Из примененных тут техник следует перечислить:

- закачка воды – нагнетание воды;
- закачка природного газа – нагнетание газа;
- закачка воздуха;
- внутризональное сжигание;
- микробиологический метод.

В позднейших годах этими процессами охватили также месторождения на Польской низменности и Балтийском Море. Особенного обсуждения заслуживают методы нагнетания воды, внедренные в больших масштабах на нефтяных месторождениях: Особница, Поморский Камень и В-3 (Petrobaltic).

На месторождении **Особница**, благодаря применению методов нагнетания воды и нагнетания газа, до настоящего времени добились степени истощения на уровне 33% геологических ресурсов. Если технические условия были бы более выгодными, чем имеющиеся на этом месторождении – прежде всего с лучшей герметичностью трубных колонн в закачки

вающих скважинах (что рекомендуется при применении меток в виде трития), в карпатских условиях возможно было бы получение 40% коэффициента истощения первичных геологических ресурсов. На очень похожем месторождении нефти Венглювка, находящимся сейчас в заключительной стадии эксплуатации, на котором до настоящего времени не удалось внедрить никакого вспомогательного метода, степень истощения составляет около 21% геологических ресурсов (центральный блок).

геологических ресурсов. В результате разработан и внедрен проект внеконтурного нагнетания воды [3]. Размещение скважин осталось запроектировано так, чтобы их радиусом охватить почти всё месторождение и обеспечить хорошее вытеснение нефти в направлении добывающих скважин. Закаченная вода вызвала повышение пластового давления выше давления насыщения до среднего уровня 11 МПа. Среднее соотношение количества закаченной воды к добытой жидкости (вода + нефть) в начальном периоде



В **Поморском Камне** нагнетание воды в более широком масштабе начали с помощью трёх скважин в 1976 г. Главной целью была приостановка снижения пластового давления и сохранение его выше давления насыщения составляющего 16,18 МПа. Это позволило продолжить эксплуатацию скважин и увеличить степень истощения ресурсов нефти. Учитывая форму структуры, а также её размеры, применили приконтурную закачку воды. Такой способ закачки воды позволил вытеснить нефть из контура в кульминационную часть пласта, что значительно увеличило степень удаления нефти.

В год 1994 на том месторождении приучить тоже проект обратного закачки природных газов с высоким содержанием нефти выделяемых во время сепарации нефти [8], в рамках которого до настоящего времени закачено почти 10 млн. m^3 . Эти мероприятия позволили стабилизировать пластовое давление на уровне 20 МПа и достичь степени истощения нефтересурсов на высоком уровне, составляющем в настоящее время 42%.

B-3 Petrobaltic: во время эксплуатации обнаружилась незначительная активность окаймляющих вод, однако влияние водоносного слоя было недостаточно для поддержания пластового давления. После добычи около 5% геологических ресурсов месторождение начало переходить в энергетическую систему растворённого газа. Дальнейшее снижение давления вызвало бы, как оценено, окончание добычи при значении коэффициента истощения на уровне 10%

составляло 1,4-1,8 [4], а в настоящее время составляет около $1,0 \div 1,2 \text{ m}^3$. До сих пор добыто свыше 3,6 млн. тонн нефти, а актуальный коэффициент истощения первичных ресурсов месторождения достигнул уровня 27%.

Возможности новых проектов

Польская низменность

Главным продуктивным уровнем нефти в районе Польской низменности являются породы основного доломита, образующие одновременно материнскую и бассейновую формации. Симуляционные расчёты [7] показали, что для крупнейшего из открытых карбонатных месторождений, с двойной системой пористости и смешанной энергетической системой, истощение первичных ресурсов месторождения первичными методами, для имеющейся сети скважин, составит 20%. Выполнение горизонтальных и вертикальных дополнительных скважин должно увеличить это значение приблизительно до 23%.

Эти данные являются средние величинами, так как степень истощения отдельных частей месторождения была бы разная (рисунк 1):

- восточная часть – 32%,
- центральная часть – 24%,
- западная часть – 16%.

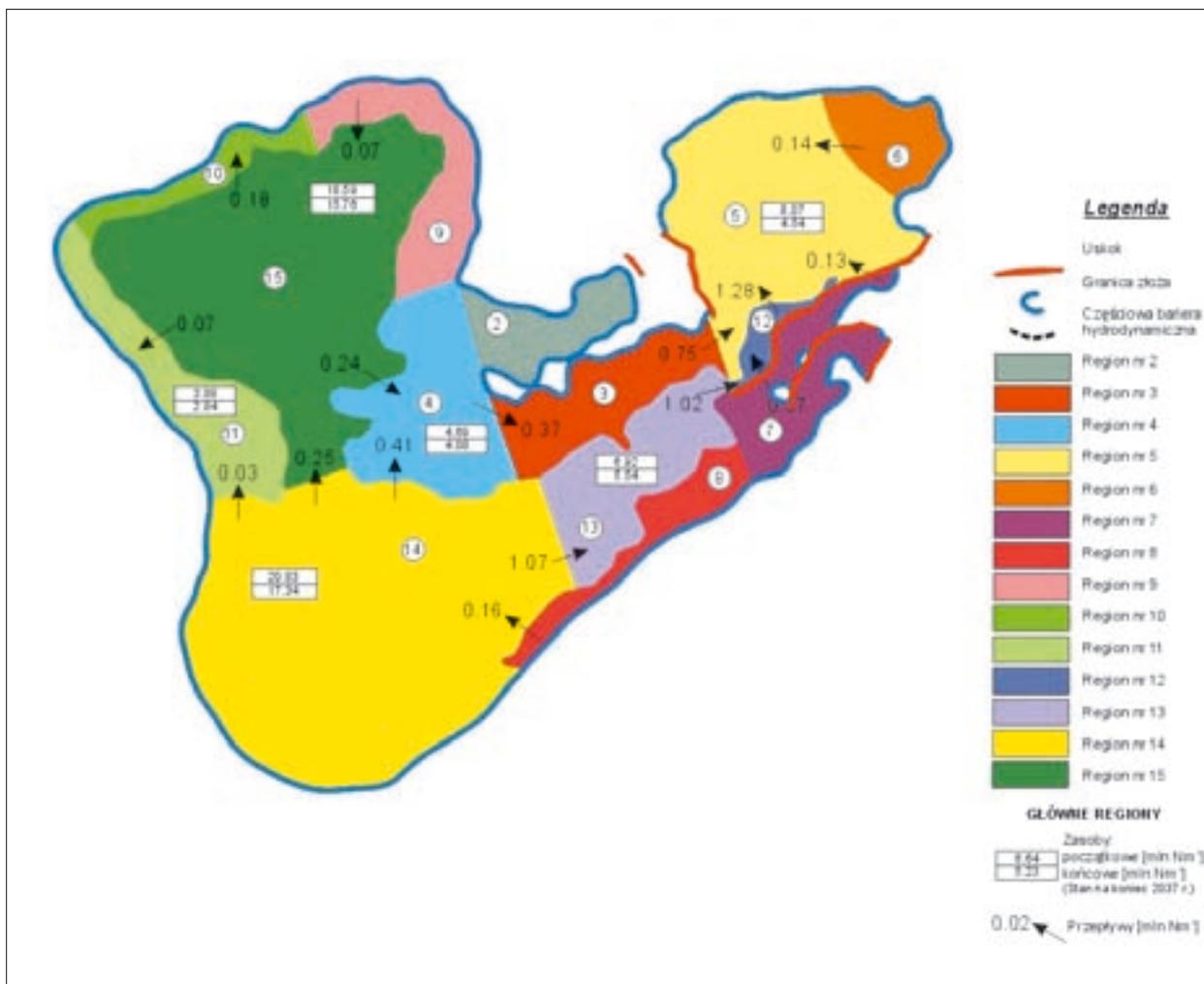


Рис. 1. Степень истощения геологических ресурсов месторождения в избранных регионах, симуляции процессов [7]

Получение конечной степени истощения первичных геологических ресурсов нефти на уровне 23% не является удовлетворительным значением. В связи с этим, в рамках исследований [7] выполнен ряд экспериментальных работ и симуляционных анализов, основными из которых являются:

- оптимизация разбуривания месторождения, дополнительные скважины;
- симуляционные модулирования обратной закачки излишка природного газа в газовый колпак;
- вытеснение нефти различными жидкостями и комбинациями этих жидкостей на длинных буровых стержнях;
- симуляционные модулирования процесса нагнетания воды в пласт и закачки CO₂ из теплоэлектростанции Гожов и H₂S из Ружаньска.

На рисунке 2 представлены результаты лабораторных исследований процесса вытеснения нефти различными агентами, выполненных в пласто-

образных условиях (температура 119°C и давление 45 МПа) на длинных буровых стержнях:

- газовая стадия (газ ВМВ, газ Цыхры, H₂S, CO₂ – два последних в сверхкритических условиях);
- газовая стадия с предварительным фронтом конденсата объёмом 6÷14% пространства пор;
- водная стадия, также с газолиновым фронтом объёмом 6% пространства пор.

Наивысшие коэффициенты удаления нефти получены в газовой стадии, с предварительным значительным объёмом конденсата фронта, в границах 12÷14%, получая удаление нефти на уровне 70÷90%. Несколько более слабые результаты получены с использованием вытеснения водной стадией или газом с долей конденсатного фронта в количестве ниже 9%, для которых значения удаления нефти получено на уровне 40÷55%. Самое слабое удаление нефти получено в стадии природного газа, где в зависимости от его состава и скорости прохождения получено удаление нефти на уровне 15÷40%.

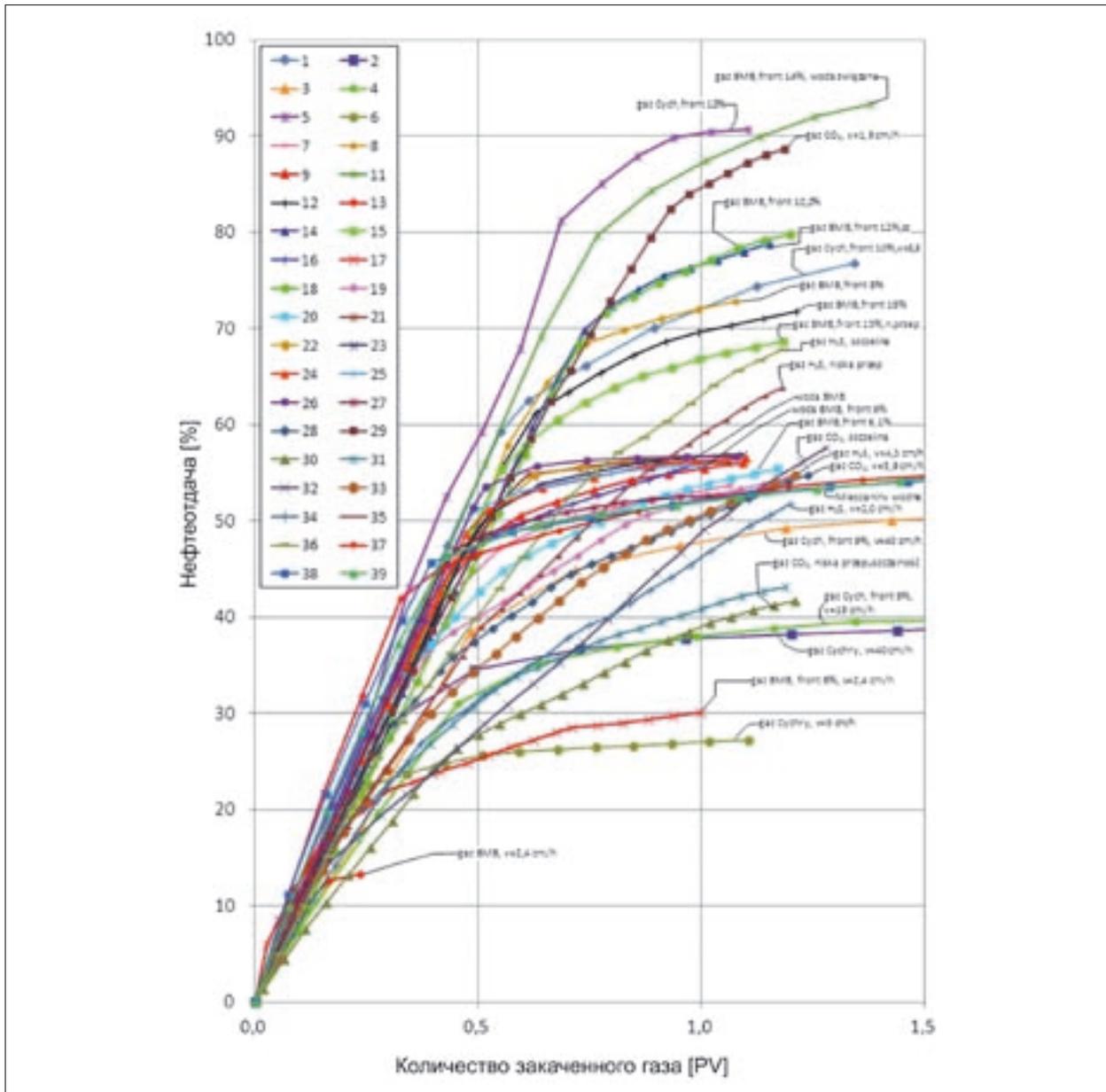


Рис. 2. Результаты лабораторных исследований вытеснения нефти с длинными буровыми стержнями с использованием различных агентов [7]

Наивысшие результаты получены в сверхкритической стадии CO₂ 40÷55% и сверхкритической стадии H₂S 50÷65%. Так как абсолютно хорошие результаты удаления нефти получены для водной стадии, дальнейшие симуляции проделаны для процесса пластового нагнетания воды. Полученный результат метода нагнетания воды будет зависеть от числа дополнительно нагнетающих скважин, которые необходимо пробурить особенно на территориях со слабым дренажем. Поскольку для каждого обширного проекта воздействия на месторождение необходим предварительный пилотирующий процесс, актуально приступили к его исполнению.

Анализ проведен также для возможности внедрения третичного метода в виде закачки CO₂ – после окончания процесса нагнетания воды.

Извлечение нефти [%] Количество закаченного газа [PV]

На рисунках 3 и 4 показан начальный и конечный результат симуляции процесса нагнетания воды на месторождении BMB, вторичным методом,

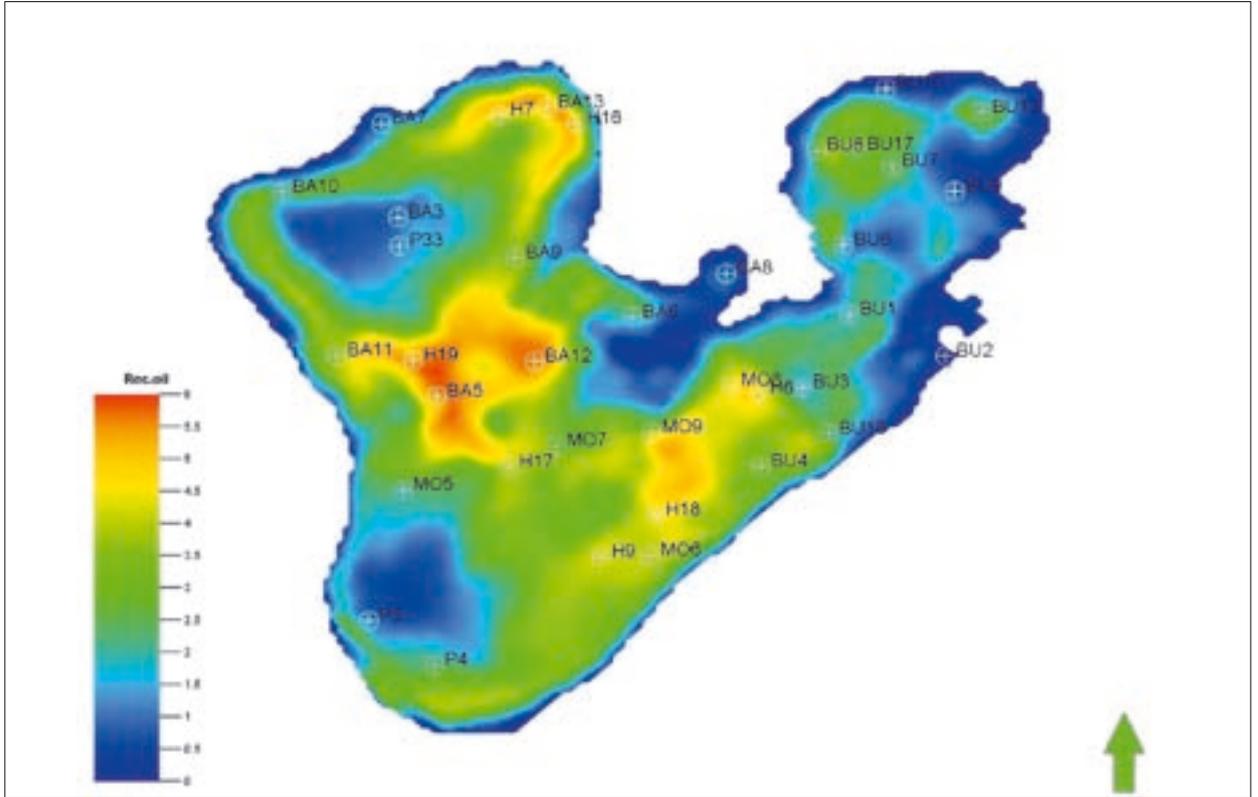


Рис. 3. Месторождение нефти ВМВ. Разложение объема нефти на единицу площади месторождения. Состояние перед началом нагнетания воды

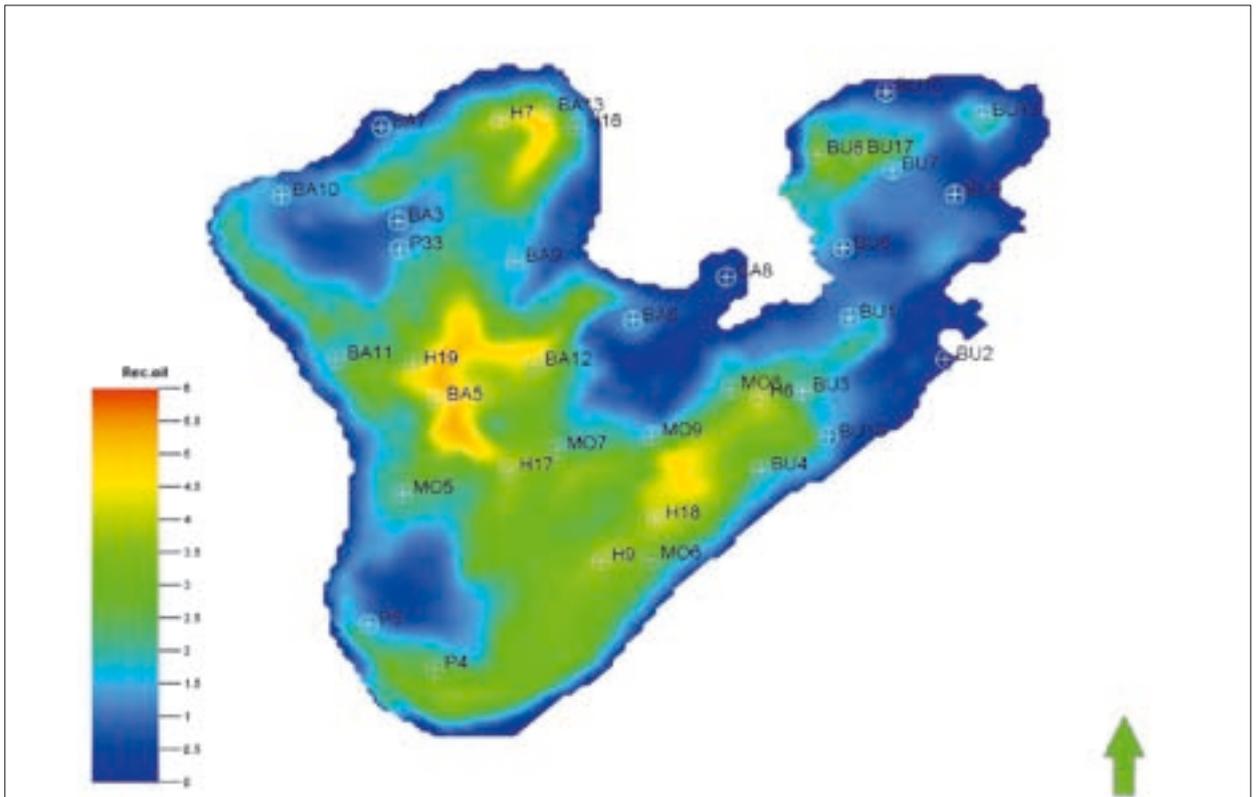


Рис. 4. Месторождение нефти ВМВ. Разложение объема нефти на единицу площади месторождения. Состояние после прекращения нагнетания воды

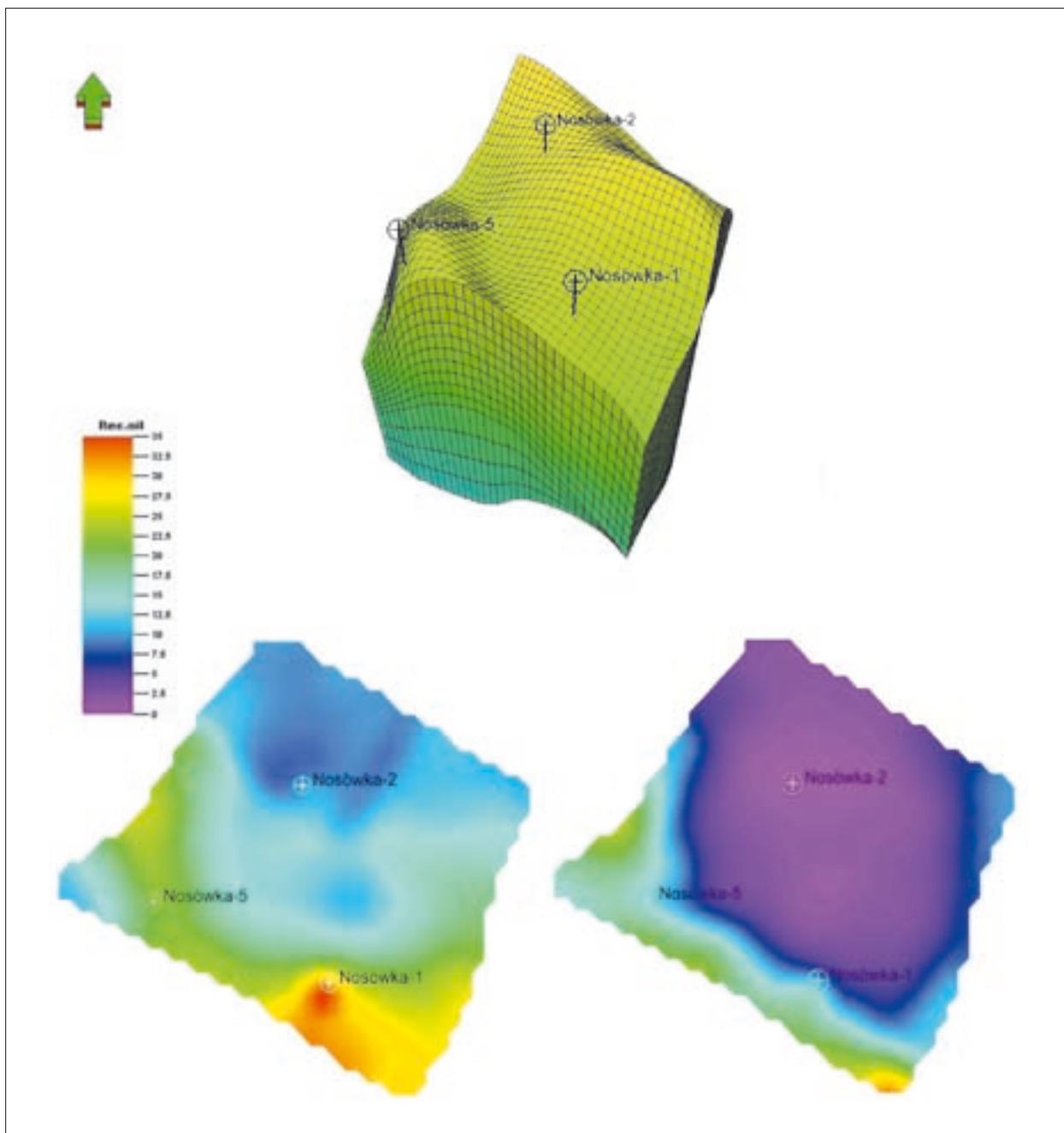


Рис. 7. Месторождение нефти Носувка. Результаты симуляции процесса закачки CO_2 на модели месторождения (верхняя панель). Разложение объёма нефти на единицу площади месторождения. Состояние перед началом закачки CO_2 (левая панель); состояние по окончании закачки и добычи (правая панель)

с использованием имеющихся эксплуатационных скважин переконвертированных в закачивающие скважины по нагнетанию воды, а также с одной дополнительной добывающей скважиной. Эти рисунки представляют разложение объёма нефти в месторождении на его единичную площадь.

Сравнение вышеуказанных разложений говорит об общем росте и сильной неоднородности процесса истощения нефти в результате примененной

программы нагнетания воды в пласт. Применение вторичного метода нагнетания воды с поданными выше ограничениями приводит к росту степени истощения нефти на 5,4% первоначальных ресурсов по сравнению с истощением первичными методами. Вышние значения можно ожидать в случае пробурения большего числа скважин предназначенных для закачки воды, особенно в районах с меньшим дренажем.

На рисунках 5 и 6, применяя вышеуказанную величину, по третичному методу (после прекращения нагнетания воды), показан начальный и конечный результат симуляции процесса закачки CO₂ в месторождение BMB. Он был осуществлён существующими закачивающими скважинами, а также тремя дополнительными скважинами, расположенными в оптимальных положениях на месторождении. Для вышеуказанной цели использовано также пять новых добывающих скважин.

Примененный процесс ведёт к дальнейшему, заметному росту степени истощения нефти вместе с почти полным её вычерпанием в некоторых изначально нефтяных районах месторождения. Применение третичного метода эксплуатации позволяет получить дополнительных 11,4% истощения первичных ресурсов нефти по сравнению с вторичным методом. Следовательно, абсолютная степень истощения первичных ресурсов после внедрения вторичного и третичного метода должна приблизиться к значению 40%.

В конечной стадии месторождение BMB могло бы быть видоизменено в хранилище CO₂ с секвестрационной ёмкостью превышающей 30 млн. тонн CO₂.

Карпаты

Карпаты – отличный пример территории, на которой начиная с 30 годов минувшего столетия применяются – часто с хорошими результатами – вторичные и третичные методы нефтедобычи. Однако имеется несколько месторождений нефти неохваченных до сих пор влиянием вторичных и третичных методов. К ним принадлежат в частности: Венглювка, Носувка и Яшчев. Анализируя хотя бы геологические ресурсы блока центрального месторождения Венглювка, выявлено методом материального баланса, что их значение составляет около 1,3 млн. м³ нефти. Принимая похожее время добычи нефти, для месторождения Особница – 55 лет, без применения вспомогательных методов добычи можно будет достигнуть величину 21,6% истощения геологических ресурсов [1]. Увеличение степени истощения воз-

можно с помощью применения вторичных и третичных методов.

В рамках проекта [9] проведено моделирование процесса закачки CO₂ для месторождения Носувка. На рисунке 7 представлен начальный и конечный результат симуляции процесса закачки CO₂ в месторождение Носувка.

На рисунке 7 видно разложение объёма нефти в месторождении на единицу его площади. В левой панели эта величина представлена перед началом закачки CO₂, а в правой – по окончании закачки и нефтедобычи. Следует отметить, что для месторождения Носувка, в качестве оптимальной схемы применения обсуждаемого метода, найден вариант с разделённым во времени этапом закачки CO₂ (закачка предшествующая добыче) и стадией нефтедобычи. В эффекте получена степень истощения геологических ресурсов нефти на 17% выше по сравнению с вычерпанием первичным методом. Секвестрационный объём месторождения Носувка был оценен на уровне 0,6 млн. тонн CO₂. Авторы данной публикации считают целесообразным выполнение для этого месторождения также симуляционных работ определяющих эффективность внедрения метода нагнетания воды.

Заключение

Представленные примеры показывают, что в польских условиях возможно почти двукратное увеличение степени истощения первичных ресурсов нефти с условием внедрения вспомогательных методов. Поэтому необходимо, чтобы на недавно открытых месторождениях, а также тех, которые эксплуатируются до настоящего времени только лишь первичными методами, внедрять современные методы добычи нефти.

*Авторы являются научными сотрудниками
Института Нефти и Газа в Кракове*

Рецензент: проф. Мария Цехановска

Литература

- 1) Lubaś J., Such J., Sobolewski J.: *Analiza wybranych przykładów dotychczasowego szczypania karpaccich złóż ropy naftowej i możliwości jego zwiększenia*. Materiały Kongresowe. III. Polski Kongres Naftowców i Gazowników, Bóbrka 2008.
- 2) Stefan St. wraz z zespołem: *Modyfikacja zawadniania i technologia eksploatacji złoża Kamień Pomorski*. Praca IGNiG. Krosno 1980.
- 3) Szott W. wraz z zespołem: *Program zawadniania złoża B-3*. Praca IGNiG. Krosno 1996.
- 4) Zarębska B. wraz z zespołem: *Eksploatacja złoża B-3: Zastosowanie zatłaczania wody do złoża w celu zwiększenia współczynnika szczypania zasobów*. XVI Międz. Konf. N-T. AGH 2005.
- 5) Papay J.: *Development of petroleum reservoirs*. Budapest. 2003.

- 6) Stalkup F.: *Miscible Displacement*. SPE AIME. New York. 1984.
- 7) Lubaś J., Szott W., Warnecki M. i inni: *Wybór i optymalizacja wtórnej metody oddziaływania na złoża BMB w celu uzyskania maksymalnego stopnia szczypania fazy ropnej*. Prace INiG wykonane w ramach Umowy Ramowej na zlecenie PGNiG S.A. Oddział w Zielonej Górze. Krosno 2011.
- 8) Lubaś J. wraz z zespołem: *Technologia zatłaczania do złóż ropy naftowej gazów ziemnych o wysokiej zawartości składników kwaśnych*. Krosno 1994.
- 9) Lubaś J., Szott W., Łętkowski P.: *Program wspomaganie wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego z krajowych złóż węglowodorów przy zastosowaniu podziemnego zatłaczania CO₂*. Praca zlecona przez Ministra Środowiska.

Использование недетерминированных и геостатистических методов для анализа параметров геологической среды

Новаторские методы в геофизике

*Все модели ошибочны, но некоторые из них полезны
(ПЕР. с англ. All models are wrong, but some are useful)*

Джордж Бокс

КАРОЛИНА ПИРОВСКА

Чтобы лучше познать и понять окружающий мир, мы вынуждены пользоваться моделями, которые будучи упрощенной формой отражения действительности, обречены на несовершенство и неточность. Так же обстоит дело в секторе нефти и газа: в процессе распознавания структуры геологической среды создание моделей и подбор описывающих её параметров является неизбежным и даёт единственную возможность на установление точного местонахождения и эксплуатацию потенциального месторождения углеводородов.

В частности, ключевым является возможно лучшее описание поля скорости распространения волн, поскольку в последующем процессе обработки геофизических данных модель скорости является исходной для определения геометрических характеристик, литологической изменчивости и петрофизических параметров пород.

Анализом скорости уже многие годы занимается в мире много учёных. Однако оптимальное решение задачи создания модели скорости пока остаётся открытой проблемой. Постоянное совершенствование существующих методов и создание совершенно новых является необходимым в связи с разработкой методов замеров и новых приборов, как в сейсмических исследованиях, так и в других геофизических исследованиях. В настоящее время значительно возросло количество и качество выполняемых замеров. Новые возможности открываются по мере роста производительности компьютеров и скорости расчетов, благодаря чему реальной становится обработка больших объёмов данных. Традиционные решения оказываются недостаточными, поскольку

требуют многих упрощений, а полученные с их помощью модели малодостоверны. Все чаще применяются методы на основе эволюционных алгоритмов, нейронных сетей, нечёткой логики, а также геостатистические методы, которые позволяют более полно использовать имеющуюся информацию при анализе и интерпретации данных [17].

От статистики – к геостатистике: геостатистические методы как лекарство от несовершенства традиционных статистических методов

Геостатистика является комплексом статистических методов на основе теории случайных функций, учитывающих при анализе данных их пространственное и временное распределение. С помощью геостатистических методов возможна идентифика-

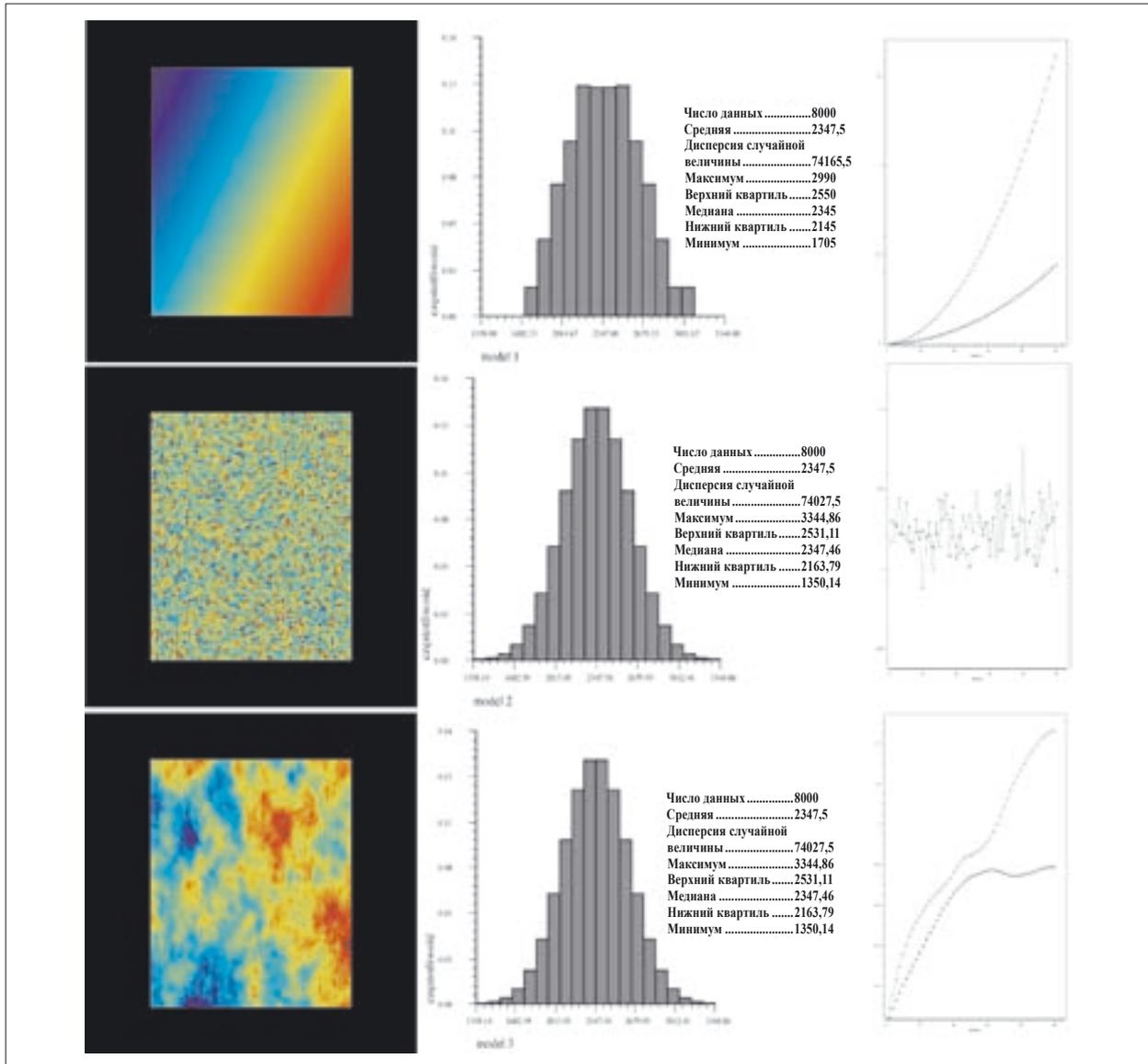


Рис. 1. Статистическое и геостатистическое описание распределения значений параметров. В первом столбце приведены примерные распределения значений параметра, во втором столбце – соответствующие им гистограммы, в третьем – вариограммы, рассчитанные для данных распределений, посчитанные в двух направлениях, горизонтальном и вертикальном

ция и моделирование пространственной или временной структуры данного явления или объекта, определение его параметров и моделирование альтернативных решений. Геостатистические методы, открытые и совершенствуемые в горной промышленности Дж. Матероном (1963) [12], широко используются с момента выхода в свет пионерских работ, в числе прочего, А. Жорнеля (1978) [8] и Г. Омре (1987) [18].

Одно из принципиальных различий между геостатистическим и традиционным статистическим анализом демонстрирует рис. 1.

На основании рисунка 1 можно заметить преимущество геостатистических методов по сравне-

нию с традиционным статистическим описанием. Гистограммы*, рассчитанные для совершенно разных моделей очень близки по форме и параметрам. Однако, располагая данными только о гистограмме, практически невозможно воссоздать исходную модель, по которой она была рассчитана. Вариограмма даёт намного больше информации о пространственной изменчивости. На её основании можно утверждать, что в первой модели данная характеристика (свойство) изменяется почти линейно, во второй значения изменяются случайно от точки к точке, а из последней можно сделать вывод о том, что значение параметра больше изменяется в горизонтальном направлении, чем в вертикальном.

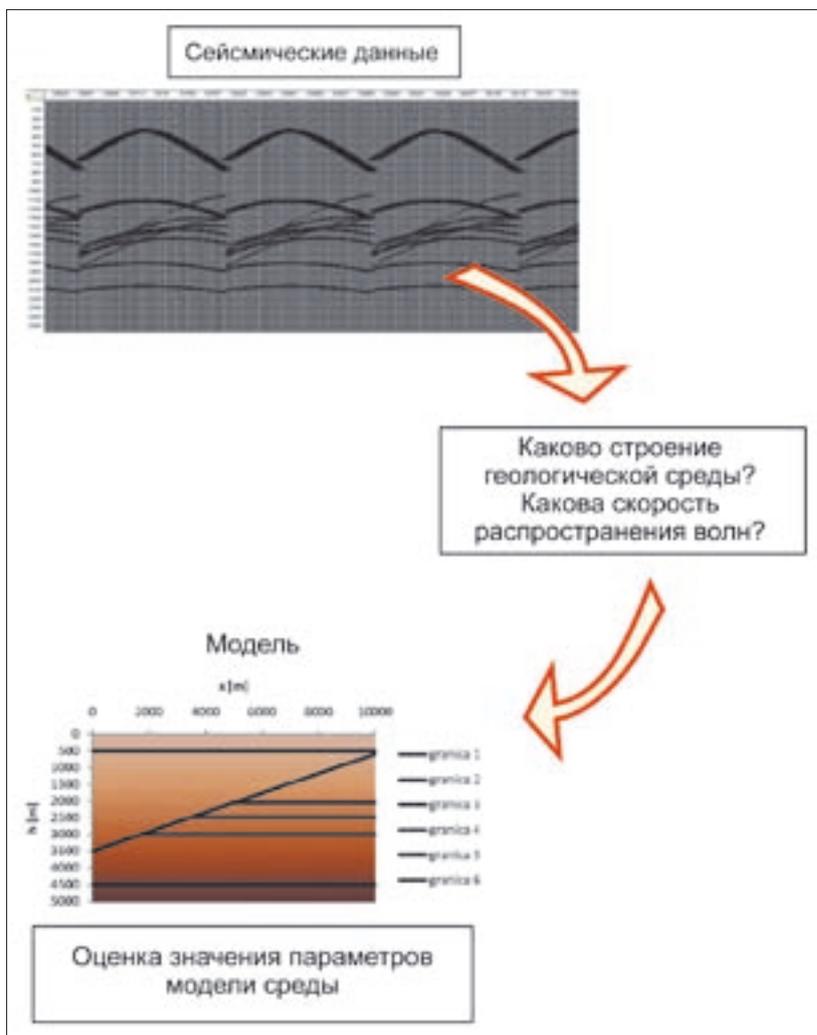


Рис. 2. Проблема оценки параметров геологической среды как обратная геофизическая задача

тость являются исходными параметрами, входящими в состав критериев оценки степени риска поисковых работ на месторождениях типа *shale gas* [13]. Геостатистические методы дают также шанс на использование всей имеющейся информации, полученной по различным геофизическим замерам (если только они не противоречат друг другу). Примеры интеграции разнородных геофизических данных, много новаторских методов и технологий можно найти в книге [4, 6].

Однако, несмотря на несомненные преимущества, цитируя вслед за Е. Завадским [30]: "(...) Геостатистические методы значительно менее известны, чем другие статистические методы, что скорее является следствием их быстрого развития, а не сложности. Правильное использование геостатистических методов требует углублённого понимания и значительного умения и опыта их применения, чего не заменит даже самое функциональное геостатистическое программное обеспечение (...)". В настоящее время широко распространено коммерческое внедрение геостатистических методов в пакетах программного обеспечения, служащего для геомоделирования. Однако серьёзным препятствием в их познании и применении может стать польская

реальность. Огромные расходы на бурение скважин и проведение профилирования создают проблемы с наличием данных, что связано с отсутствием достаточного количества скважин.

Давайте учиться у природы, или мета-эвристические алгоритмы глобальной оптимизации

Проблему оценки параметров геологической среды можно также рассматривать в категориях обратной геофизической задачи (рис. 2). Одним из методов создания модели, которая лучше всего отражает реальную среду, является оптимизационный подход. Оптимизационная проблема заключается в определении значений параметров, для которых

Геостатистические методы приходят на помощь, когда необходимо оценить параметры геологической среды на основании имеющихся скважинных данных, профилирований в скважине или результатов замеров по керну, которых обычно бывает немного в соотношении с представляющей интерес зоной. Анализ скважинных данных и построение экспериментальных и модельных вариограмм является первым этапом оценки значения искомого параметра с помощью геостатистических методов. Затем, благодаря таким методам как кригинг и условное моделирование, которые основаны на вариограммах, можно оценить значения параметра в зоне между скважинами.

Достоинством геостатистики является возможность определить петрофизические свойства по сейсмическим данным с помощью таких мощных методов, как ко-кригинг и ко-моделирование. Эти методы могут быть очень полезными в решении текущих задач на польском рынке нефти и газа. Проницаемость и порис-

заданная функция цели, т. е. функция, описывающая разницу между данными замеров и синтетическими значениями, рассчитанными для принятой модели, принимает наименьшее значение.

Простая на вид задача на практике может оказаться чрезвычайно трудной. Ведь обычно имеющиеся в распоряжении данные являются неполными, содержат ошибки замеров, а также чувствительны к различным случайным событиям, появляющимся во время исследований. С учётом того обстоятельства, что земная кора может иметь очень сложную структуру, рассматриваемая проблема становится в высокой степени нелинейной и неоднозначной. В таких случаях традиционные детерминированные методы оптимизации, которые требуют многих допущений и упрощений, не дают удовлетворительных решений.

Оказывается, что значительно лучшие результаты можно получить, пользуясь алгоритмами глобальной оптимизации, инспирированными наблюдениями за природой, в числе прочего, такими методами, как генетические алгоритмы или метод симулированного отжига.

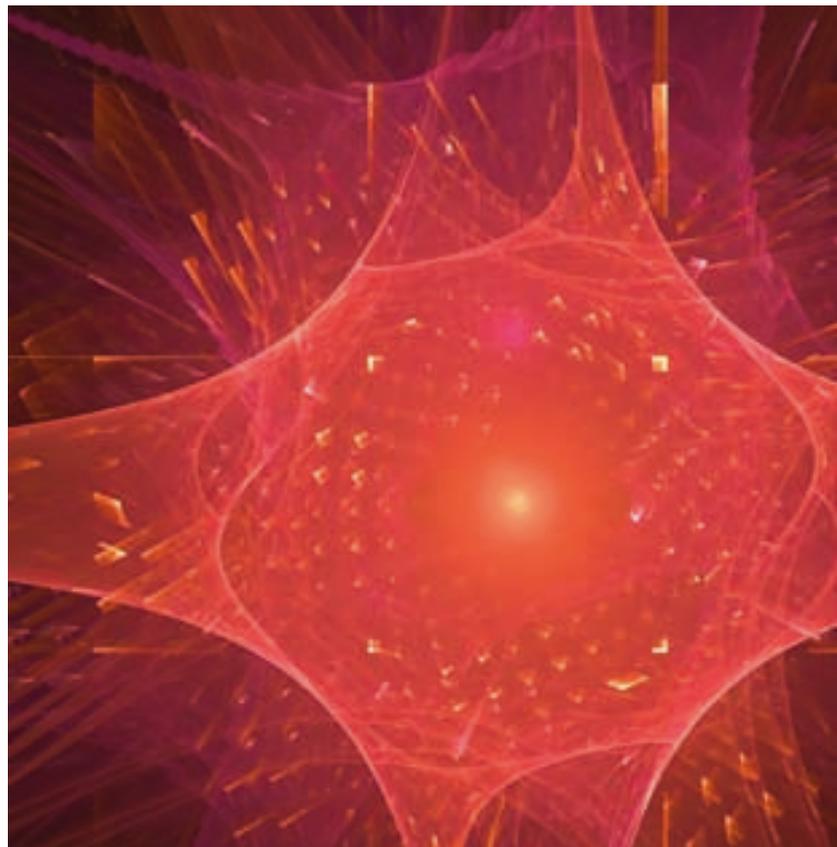
Мета-эвристические** методы глобальной оптимизации:

- генетические алгоритмы (Holland 1960/1970), эволюционные стратегии (Rechenberg & Swefel 1960), эволюционное программирование (Fogel et al. 1960);
- симулированный отжиг (Kirkpatrick et al. 1983), алгоритм табу-поиска (*Tabu Search*, Glover 1986), алгоритмы роя частиц (*Particle Swarm*, Kennedy & Eberhart 1995), метод дифференциальной эволюции (*Differential Evolution*, Storn & Price 1996/1997);
- новейшие алгоритмы: *Harmony Search* (Geem et al. 2001), *Honeybee Algorithm* (Nakrani & Tovey 2004), *Firefly Algorithm* (Yang 2008), *Cuckoo Search* (Yang & Deb 2009).

Метод симулированного отжига (с англ. *Simulated Annealing* – SA) – это метод на основе аналогии с процессом кристаллизации субстанций. Для получения минимальной энергии субстанции сначала подогревают до высокой температуры, а затем очень медленно охлаждают. Процесс оптимизации проходит аналогично. Минимизированной энергии субстанции соответствует функция цели, а температура является параметром, указывающим на размер подпространства поиска. Решения в последующих шагах генерируются случайно, по схеме, состоящей из очень большого количества итераций.

В то же время генетический алгоритм (с англ. *Genetic Algorithm* – ГА) пытается найти оптимальное решение по аналогии с биологической эволюцией. Как в природе можно наблюдать постоянную борь-

бу видов за выживание, а живущие биологические виды представляют собой самое сильное оптимальное решение проблемы выживания во враждебной среде, так и в генетическом алгоритме оптимальное исходное поколение представляет собой множество лучших решений данной оптимизационной проблемы. Действие алгоритма ГА проходит по аналогии с почерпнутыми из медицины правилами генетики. Сначала из случайно принятой начальной популяции создаётся дочернее поколение. Популяция, а затем следующие поколения, представляют собой множества решений данной оптимизационной проблемы. В следующее поколение могут перейти только лучше всего приспособленные особи, т. е. такие, для которых определенная для проблемы функция цели принимает оптимальные значения. Решения в следующих шагах, т. е. создание дочернего поколения, ведётся с помощью трёх операторов: отбора, скрещивания и мутации. Отбор (репродукция) заключается в случайном выборе особей из популяции в процессе скрещивания (рекомбинации), а затем имеет место замена части закодированных особей в случайно выбранной точке, в то время как мутация является оператором, вводящим в популяцию изменчивость. Подробное описание теории, касающейся генетических алгоритмов, представил с Д.Э. Гольдберг [5].





Между теорией и практикой

Недетерминированные методы оптимизации долгое время считались у учёных пресловутой “последней надеждой”, поскольку они значительно более трудны для точного математического анализа. Затруднительным может быть уже сам выбор подходящего метода для рассматриваемой проблемы. Что касается недетерминированных методов, никогда нет абсолютной уверенности, что один метод окажется лучше другого. Это обстоятельство было отражено в сформулированном в 1997 году утверждении “*No Free Lunch Theorem*”. Оно означает, что ни один оптимизационный алгоритм не может считаться лучшим и универсальным для всех задач [27]. Ре-

шение в отношении выбора метода можно принять только путём проб и ошибок. Немалой проблемой может быть также правильный подбор управляющих параметров, которые оказывают большое влияние на значение решения. Применение эвристических методов требует многих экспериментов и проб. Важно опыт и знание конкретной проблемы, которая решается с помощью данного метода.

Очередным неудобством является то, что ни один из методов не гарантирует сходимости к глобальному оптимуму. Только для некоторых алгоритмов симулированного отжига при определённых условиях можно доказать, что правильно подобранная система управляющих критериев гарантирует решение, близкое к глобальному минимуму функции цели (до-



казательство ведётся на языке стохастических процессов, цепей Маркова).

Однако многочисленные примеры применения показывают, что с помощью недетерминированных методов оптимизации удается достичь лучших результатов, чем с помощью традиционных методов, что является несомненным стимулом к их применению. Они полезны, прежде всего, в сложных нелинейных проблемах, а также в случаях, когда искомая модель состоит из очень большого числа параметров. Огромным достоинством метода является то, что он не использует информацию о градиенте функции цели и не требует расчетов на матрицах. Для него характерна также автономность от исходной модели, поскольку случайность является хорошим

способом перехода от локального поиска к глобальному. Как утверждает С. Янг [29], эвристика, на которой в числе прочего, основаны перечисленные методы, является методом “проб и ошибок” получения приемлемого решения сложной проблемы в разумное время.

Первые попытки применения симулированного отжига в геофизике (к проблемам, связанным с нелинейной инверсией, статистической механикой и статическими поправками) представил в своей работе Д.Г. Ротман (1985) [22]. Огромный вклад в познание новых методов внесли также работы М.К. Сена и П.Л. Стоффа (1991, 1995) [23, 25], а также К. Мосегаарда и А. Тарантоля (1995) [15]. П.Д. Вестергаард и Р. Мосегаард [26] проверили возможность использования метода СО для определения времени приёма и коэффициентов отражения на пути оптимизации инверсии отдельных фрагментов сейсмических профилей после миграции. Было также проверено, что метод может дать достоверные результаты даже в случае отсутствия информации *a priori* об оптимизируемых параметрах. В то же время результаты, представленные П. Каррион и Г. Бом [2], позволяют утверждать, что с помощью метода симулированного отжига в отражательной томографии с успехом могут изображаться отражающие границы и поперечный градиент скорости, даже в случае ошибочно заданных пиков и значительного уровня шума. Важные исследования провел Ма Ксин-Куан [28], который применил метод СА к проблеме одновременной оценки акустического импеданса и глубины границ слоёв сейсмических данных после суммирования. Один из последних случаев применения метода СА в задаче оценки акустического и упругого импеданса описали в своей публикации Р.П. Сривастава и М.К. Сен [24].

Растущую роль применения этого типа методов в числе прочего наглядно отражает статья В. Л. Освальдо [19], который провёл обзор применения генетических алгоритмов (ГА), использованных для решения проблем в нефтяной промышленности. Генетические алгоритмы оказались эффективным и относительно простым методом, особенно в случаях, где в данной проблеме мы имеем дело со многими параметрами, а также где существует несколько одинаково хороших решений. Практические работы и случаи применения касаются тематики, связанной с характеристикой коллекторных пород [21], подземными хранилищами газа, вопросами инверсии [23, 25], поддержкой работ на нефтеносных полях, переработкой нефти, а также стратегиями и отслеживанием добычи.

Новаторские решения появляются на рынке специализированного программного обеспечения для обработки геофизических данных. В версии систе-

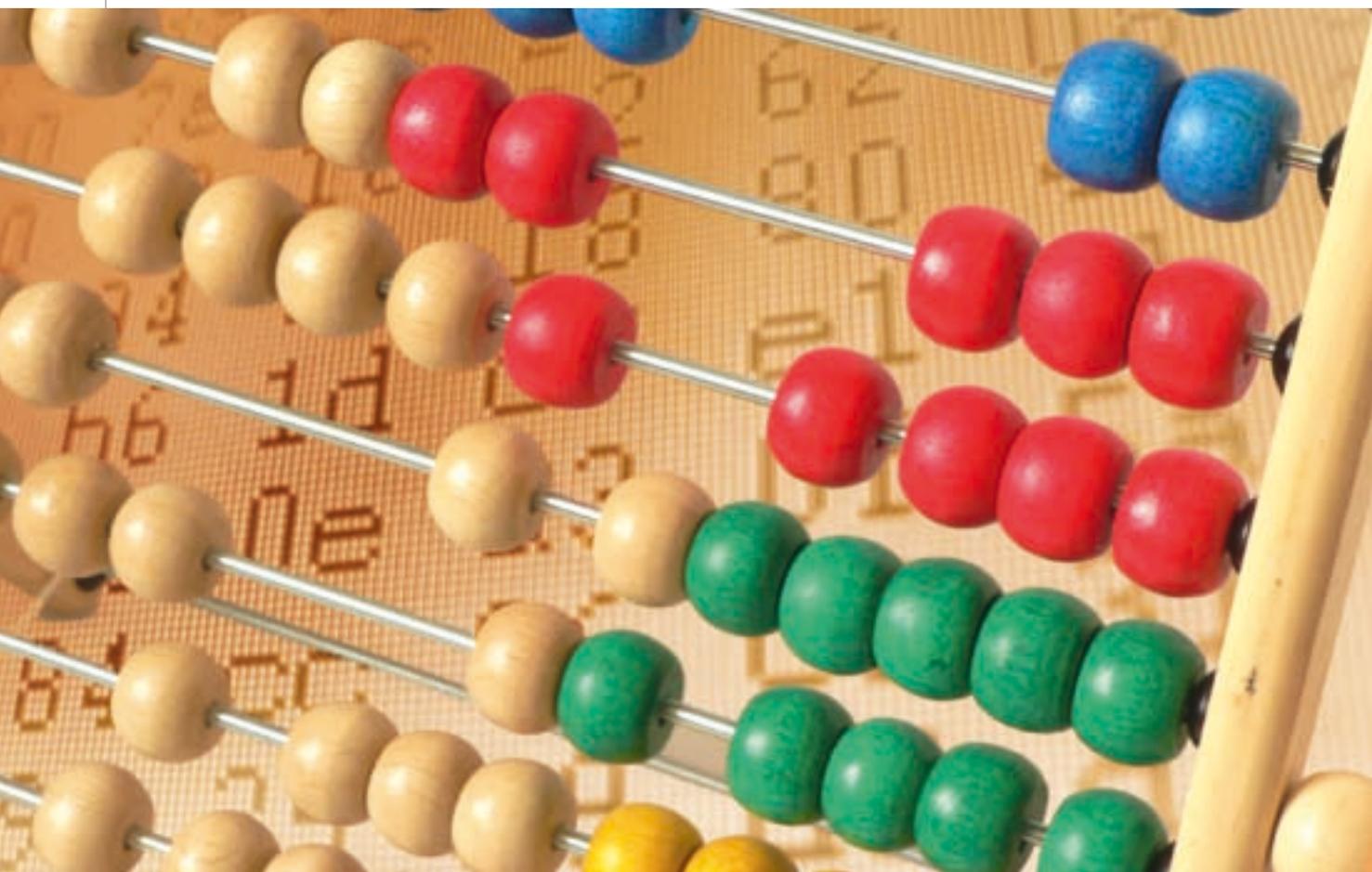


мы Petrel 2009 г. появился модуль стохастической инверсии (имеющийся в распоряжении сейсмологической лаборатории ИНИГ). Этот пакет содержит полностью интегрированный алгоритм генетической инверсии для решения проблемы структурной и стратиграфической изменчивости между скважинами, по которым у нас имеется информация. Входными данными, наряду со скважинными данными, являются также сейсмические данные, составляющие основной источник информации при эксплуатации месторождений углеводородов. Новый модуль позволяет генерировать модель 3D импеданса непосредственно в программном приложении Petrel. Возможно обособление геологических формаций и более полная характеристика коллектора.

В Польше только в последние годы появились публикации и докторские диссертации с описанием результатов применения стохастических методов в решении геофизических проблем. До настоящего времени в числе прочего были проведены исследования, касающиеся применения метода байесовской инверсии в сейсмической томографии (Дембский, 2004) [3], а также применения алгоритма симулированного отжига для интерпретации

магнитотеллурического зондирования (Мечник и др., 2003) [14].

А. Лещняк, Г. Пчела, применили генетический алгоритм в двух обратных задачах [10]. Первой из них было определение местонахождения источников сейсмических сотрясений, где неизвестными параметрами были три пространственные координаты этого источника и время наступления сотрясения. Вторая задача касалась данных электрорезистивного зондирования и определения параметров среды, мощности и устойчивости отдельных слоёв. Темой геостатистических методов, как методов, полезных в документировании месторождений, в 1994 году занялся Е. Муха [16]. О применении геостатистики для анализа данных рассказывают А. Лещняк, С. Пожицка, в то время как моделированием изменчивости месторождений и оценкой запасов методом кригинга занимается З. Кокеш. В 2007 году автором настоящей публикации была предпринята попытка применения метода симулированного отжига для обратной кинематической задачи для волны PS в рамках работ, проводимых в сейсмологической лаборатории ИНИГ под руководством проф. Халины Енджеёвской-Тычковской [7]. Тематика текущих ра-



бот охватывает также применение алгоритмов генетических и геостатистических методов для анализа поля скорости и других параметров геологической среды [20]. Эти методы являются предметом исследований собственного проекта номер NN525 349038 на 2010-2012 гг., финансируемого министерством науки и высшего образования, под названием "Применение геостатистических методов для определения параметров геологической среды".

Многочисленные примеры из литературы указывают на то, что геостатистические методы и недетерминированные методы глобальной оптимизации вызывают живой интерес геофизиков во всём мире. Полученные с их помощью результаты по многим проблемам лучше, либо не хуже, чем результаты, полученные с помощью традиционных методов. Однако ещё более ценным является то, что новаторские методы дают шанс на решение проблем, которые невозможно было разгадать с помощью традиционных методов. Это создаёт стимул к перенесению их на польскую почву.

Автор – научный сотрудник Института нефти и Газа

Литература

- 1) Boschetti F., Dentithz M.C., and List R.D., 1996, *Inversion of seismic reflection data using genetic algorithms*, Geophysics, vol. 61, 1715–1727.
- 2) Carrion P., Bohm G., 1994, *Seismic reflection tomography via simulated annealing*, The Leading Edge.
- 3) Dębski W., 2004, *Zastosowanie techniki Monte Carlo do rozwiązywania wybranych zagadnień seismologicznych*, Instytut Geofizyki PAN.
- 4) Dubrule O., 2003, *Geostatistics for seismic data integration in earth models*, 2003 Distinguished Instructor Short Course, EAGE, SEG.
- 5) Goldberg D. E., 1998, *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, WNT.
- 6) Grana D., Dvorkin J., 2011, *The link between seismic inversion, rock physics and geostatistical simulations in seismic reservoir characterization studies*, The Leading Edge.
- 7) Jędrzejowska-Tyczkowska H., Pieniążek K., 2007, *Zastosowanie metod optymalizacji globalnej, a szczególnie symulowanego wyżarzania (simulated annealing), do rozwiązania odwrotnego zadania kinematycznego w metodzie sejsmicznej*, Nafta-Gaz, nr 12.
- 8) Journel A. G., Huijbergts, C. J., 1978, *Mining Geostatistics*, New York: Academic Press.
- 9) Kokesz Z., 2006, *Trudności i ograniczenia w geostatystycznym modelowaniu zmienności złóż i szacowaniu zasobów metodą krigingu*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 22, Zeszyt 3.
- 10) Leśniak A., Pszczoła G., 2006, *Algorytmy genetyczne w rozwiązywaniu zagadnień odwrotnych w geofizyce*, Geoinformatica Polonica.
- 11) Leśniak A., Porzycka S., 2009, *Geostatistical computing in PSInSAR data analysis*, Computational Science, Proceedings of ICCS 2009: 9th international conference: Baton Rouge, LA, USA, May 25–27 2009.
- 12) Matheron G., 1963, *Principles of Geostatistics*, Economic Geology 58, 1246-1266.
- 13) Matyasik I., 2011, *Nowe wyzwanie dla poszukiwań złóż gazu*, Rynek Polskiej Nafty i Gazu 2011, str. 90–95.
- 14) Miecznik J., Wojdyła M., Danek T., 2003, *Application of nonlinear methods to inversion of 1D magnetotelluric sounding data based on very fast simulated annealing*, Acta Geophysica Polonica 2003 vol. 51 no. 3 s. 307–322.
- 15) Mosegaard K., Tarantola A., 1995, *Monte Carlo sampling of solutions to inverse problems*, J. Geophys. Res. 100, 12431–12447.
- 16) Mucha J., 1994, *Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż*, zeszyt naukowy AGH.
- 17) Nikravesh M., Aminzadeh F., 2001, *Past, present and future intelligent reservoir characterization trends*, Journal of Petroleum Science and Engineering, 31 (2–4), 67–79.
- 18) Omre H., *Bayesian Kriging – merging observations and qualified guesses in kriging*, 1987, Mathematical Geology, 19, 25–39.
- 19) Oswaldo V. L., 2005, *Genetic algorithms in oil industry: An overview*, Journal of Petroleum Science and Engineering, 47, 15–22.
- 20) Pirowska K., *Zastosowanie algorytmu genetycznego do estymacji parametrów osrodka geologicznego na podstawie pomiarów sejsmicznych*, artykuł przyjęty do druku w czasopiśmie Nafta-Gaz.
- 21) Romero C.E., Carter J.N., 2001, *Using genetic algorithm for reservoir characterization*, Journal of Petroleum Science and Engineering, 31, 113–123.
- 22) Rothmann, D. H., 1985, *Nonlinear inversion, statistical mechanics and residual statics estimation*, Geophysics 50, 2784–2796.
- 23) Sen M., Stoffa P.L., 1995, *Global optimization methods in geophysical inversion*, Elsevier.
- 24) Srivastava R.P., Sen M.K., 2010, *Stochastic inversion of prestack seismic data using fractal based initial models*, Geophysics 75, no. 3, R47–R59.
- 25) Stoffa P. L., Sen M. K., 1991, *Nonlinear multiparameter optimization using genetic algorithms: Inversion of plane-wave seismograms*, Geophysics, vol. 56, 1794–1810.
- 26) Vestergaard P. D., Mosegaard R., 1991, *Inversion of post-stack seismic data using simulated annealing*, Geophysical Prospecting 39, 613–624.
- 27) Wolpert, D.H., Macready, W.G., 1997, *No Free Lunch Theorems for Optimization*, IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1, 67, <http://ti.arc.nasa.gov/m/profile/dhw/papers/78.pdf>
- 28) Xin-Quan Ma, 2001, *A constrained global inversion method using an overparametrized scheme: application to poststack seismic data*, Geophysics vol. 66 no. 2, p.613–626.
- 29) Yang, X.-S., 2008, *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*. Luniver Press.
- 30) Zawadzki J., 2011, *Metody geostatystyczne dla kierunków przyrodniczych i technicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

Terminologia:

***Гистограмма** – один из способов графического представления эмпирического распределения характеристики. Она состоит из ряда прямоугольников, размещенных на оси координат. Ширину этих прямоугольников задают интервалы значений характеристики, а высота определяется числом (или частотой, либо плотностью вероятности) попаданий элементов в определённую выборку (<http://pl.wikipedia.org/wiki/Histogram>).

****Мета-эвристика** – общий алгоритм (эвристика) для решения проблем расчётов. Мета-эвристическим алгоритмом можно пользоваться для решения любой проблемы, которую можно описать с помощью определённых, сформулированных этим алгоритмом понятий. Однако чаще всего его используют для решения оптимизационных проблем. Термин произошёл от слов "мета" ("над", здесь в значении "более высокого уровня") и слова "эвристика" (греч. heuriskein – искать), что объясняется тем, что алгоритмы этого типа не решают никаких задач непосредственно, а только указывают путь к созданию правильного алгоритма. Термин "мета-эвристика" впервые был использован Фредом Гловером, в 1986 году.

(<http://pl.wikipedia.org/wiki/Мета-эвристика>)

Роль биомаркёров в нефтяной перспекции

Биомаркёры – современная генетическая характеристика нефтяных систем

ИРЕНА МАТЯСИК

Окаменелости – это остатки растений и животных сохранённые в течение миллионов лет с сохранением неизмененного внешнего вида. Они возникают в результате фоссилизации, то есть преобразования, в соответствующих условиях, органической материи в неорганическую. Фоссилизация – это процессы насыщения кремнеземом, солями кальция, растительными смолами (янтарь), производными нефти (воск, асфальт) или замораживания.

Возраст останков определяется с помощью так называемых основных окаменелостей, а также физико-химическими методами. Основные окаменелости характеризуются узким стратиграфическим пределом и широким географическим пределом. Это останки организмов, которые в строго ограниченных геологических эпохах повсеместно встречались на всей земле. Являясь „маркёрами” возраста своего геологического слоя, позволяют определить возраст соседних слоев, как лежащих выше, так и ниже.

Примером физико-химических методов является изотопный метод радиоактивного угля ^{14}C . Этот изотоп распадается до нерадиоактивного изотопа, причём пропорция обоих в атмосфере примерно постоянная и не изменялась под действием космической радиации на протяжении десятков тысяч лет. Оба изотопа находятся в телах живых организмов в одинаковых пропорциях. По их смерти уменьшается количество угля ^{14}C ровно на половину после каждых 5730 лет (время половинчатого распада). Отношение ^{14}C к ^{12}C в ископаемой органической материи позволяет подсчитать ее примерный возраст. Метод не позволяет оценить возраст останков старших определённого порога значения, выше которого не удастся подтвердить изменения содержания радиоугля. Другие радиоактивные элементы (напр. уран) применяются для датировки останков в более больших временных пределах.

Органическая геохимия, как отрасль геологических наук, занимается естественной историей земли с химической точки зрения. Одной из её главных целей

является представление физико-химической характеристики геологической среды и химических процессов, которые привели к их образованию, а также прослеживание геохимических изменений в геологическом масштабе и распознавание факторов, которые повлияли на эти преобразования. С геохимией связано понятие молекулярных меток, биомаркёров [6]. Эти соединения, генерируемые биосинтетически, имеющие сравнительно устойчивые к изменениям геохимические основные структурные скелеты подвергающиеся небольшим преобразованиям в диагенетических процессах, а также термического дозревания осадочной материи, находят хорошее применение в нефтяной перспекции.

Значение нефтяной геохимии в поисках месторождений углеводородов

Все открытия месторождений в Карпатах были основаны, преимущественно, на поверхностных картографических работах, опыте нефтяных геологов, а также их интуиции. Во время почти 160-летней эксплуатации в этом районе открыто 75 месторождений нефти и газа, из которых добыто свыше 13 млн тонн нефти и свыше 14 млрд. м^3 газа [7].

Постепенно эксплуатация охватывала остальные части Польши. В послевоенном периоде перемести-

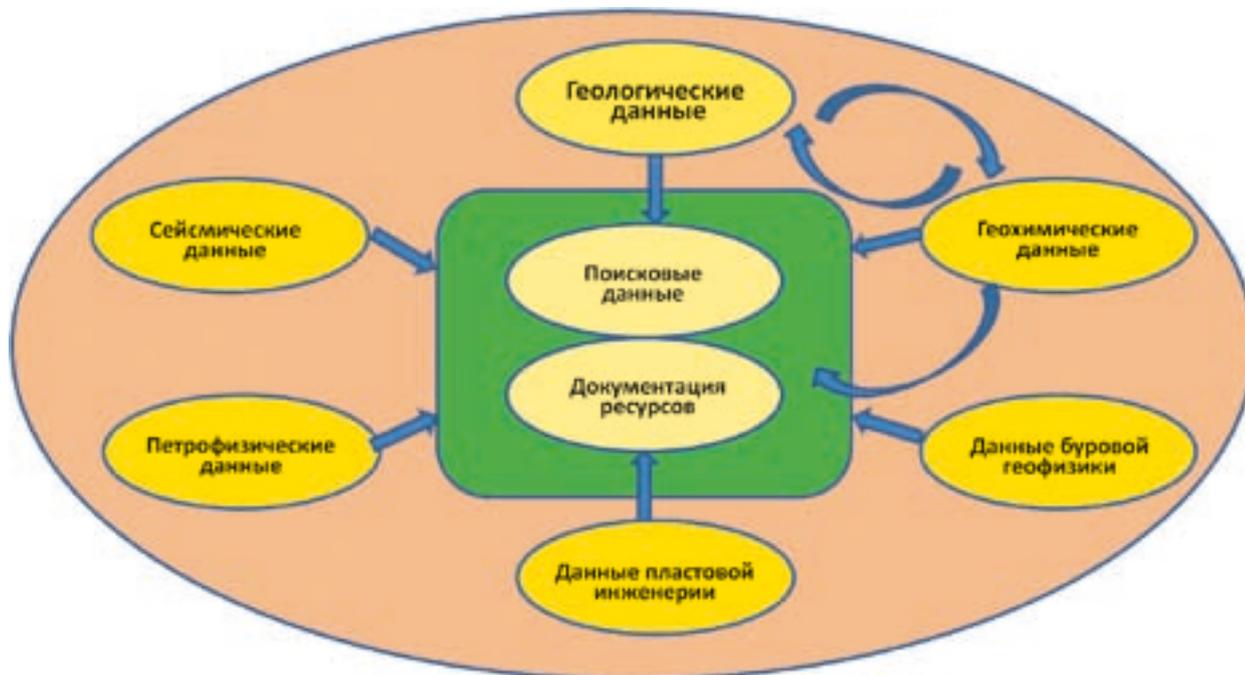


Рис. 1. Схема объединения геохимических наук, петрофизики, буровой геофизики, сейсмоки в поисках и документировании месторождений углеводородов

лась на территорию предкарпатского разлома и Куяв, а затем на территорию Польской низменности. Там разведывательные работы тоже проводились на основании первых результатов сейсморазведок. Результатом всех нефтепромышленных работ в Польше стало открытие на территории предкарпатского разлома около 130 месторождений, главным образом природного газа в образованиях миоцена. До настоящего времени из них добыто свыше 95 млрд. м³ газа, же из образований дна предкарпатского разлома свыше 22 млн. тонн нефти.

В 2010 году на Польской низменности открыто более 55 месторождений нефти и около 90 месторождений природного газа, в том числе крупнейшее в Польше месторождение Барнувко-Мостно-Бушево с запасами нефти, превышающими 10 млн. тон, а также Мендзыход-Любятов с запасами около 4 млн. тонн нефти.

Все эти месторождения на территории Польши были открыты на основании сейсморазведки. Сейсмические данные, как 2D, так и 3D, 3C, результаты исследовательских, разведывательных и эксплуатационных бурений всё время доставляют новые данные о геологическом строении. Несмотря на то, что получаемые данные дают нам огромное количество геологической информации о горной среде, системе пластов и возможности залегания потенциальной ловушки для углеводородов, современная нефтяная геология требует объединения таких наук как геохимия, минералогия, петрология, седиментология, а также других, бла-

годаря которым ограничивается разведывательный риск (рис. 1).

С появлением трудностей открытия новых месторождений, несмотря на наличие хороших условий для них, то есть структур, стало ясно, что объяснение следует искать в других отраслях геологии и нефтяной геохимии.

Теория органического происхождения нефти имеет тесную связь с живой органической материей, содержащей углеводородные или протоуглеводородные молекулы, также углеводы, белки и жиры, которые под воздействием деятельности микроорганизмов и тепла земли преобразовываются в направлении создания углеводородных соединений входящих в состав нефти или природного газа.

Нефтяная геохимия становилась всё более и более необходимой в выяснении вопросов связанных с составом нефти, её происхождением, способом миграции. Важно было также знание изменений в составе нефти, связанных с ростом глубины, температур и давления. В истории развития нефтяной геохимии возникали разные концепции пытающиеся повторить процесс возникновения нефти, которая в разных местах и в разной форме была найдена в различного типа

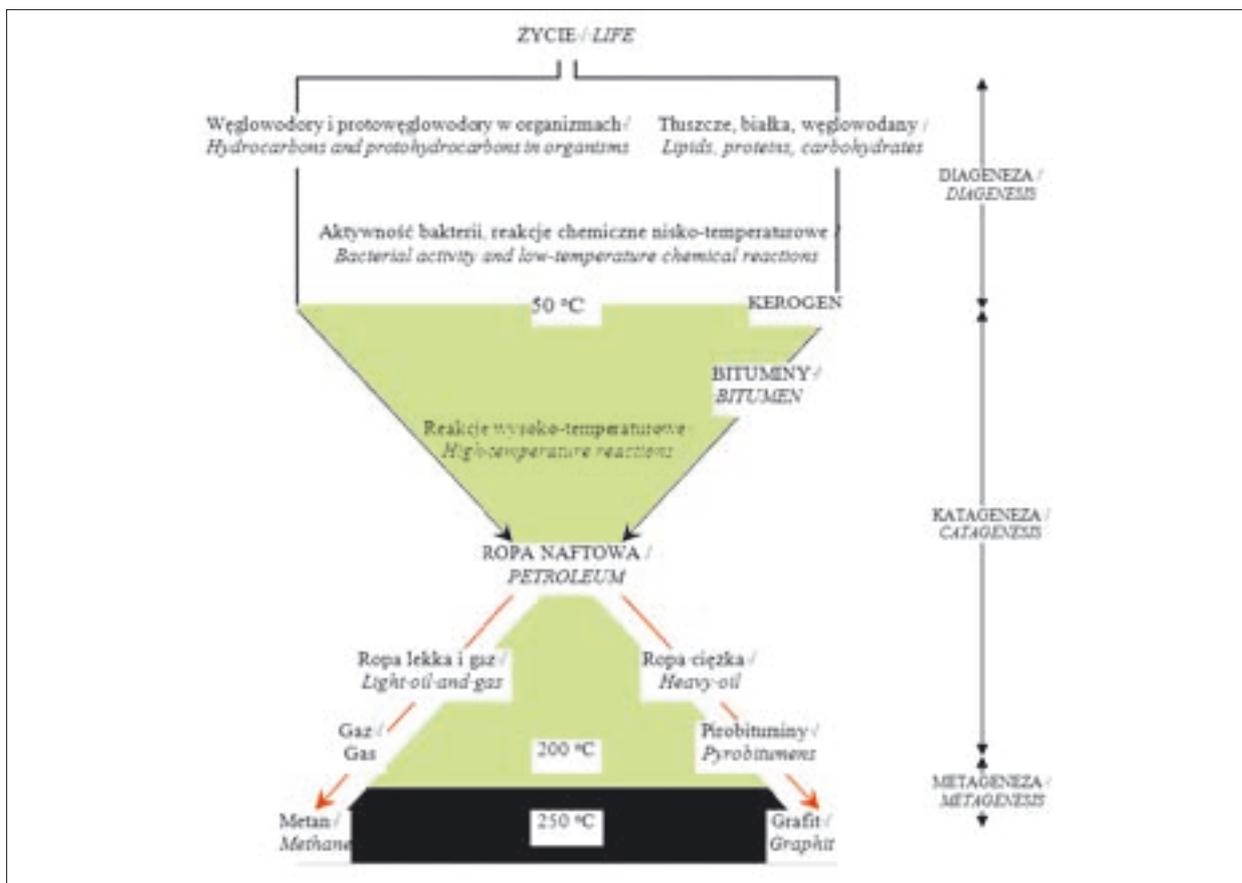


Рис. 2. Термические преобразования от диагенеза отложений до метагенеза, приводящие к преобразованию материи живых организмов в углеводороды (по Хант 1996)

пластовых ловушках. Теория органического происхождения нефти имеет тесную связь с живой органической материей, содержащей углеводородные или protoуглеводородные молекулы, а также углеводы, белки и жиры, которые под воздействием деятельности микроорганизмов и тепла земли преобразовывались в направлении создания углеводородных соединений входящих в состав нефти или природного газа. Около 10-20% аккумуляций углеводородов образовалось просто из углеводородов синтезированных живыми организмами или из их частиц и они содержат обычно более 15 атомов угля в молекуле.

В свою очередь 80-90% аккумуляций углеводородов происходит из таких субстанций как: липиды (жиры), белки или углеводы живых организмов, которые подверглись конверсии в геологическом времени, создавая так называемую рассеянную органическую матерю в осадочных породах, называемую керогеном.

Возникновение нефти и газа, это простой процесс, который можно сравнить с „огромной варкой” органической материи (термический крекинг), содержащейся в отложениях с большим содержанием органического угля. Прогрессирующий рост температуры,

связанный с погружением этих отложений вызывает термическую деградацию осадочной органической материи. Создаются подвижные продукты, обогащенные водородом (углеводороды) и неподвижные – с небольшим содержанием остаточного водорода (то есть кероген и пиробитумы). Так образуются все нефти и большинство газов, за исключением тех газов, которые образуются вследствие бактериальной деятельности в низких температурах в неглубоко залегающих отложениях в редуцирующей среде. Эти газы идентифицируются как биогенные, содержащие преимущественно метан и считается, что они составляют 20% всех открытых мировых газовых месторождений. Температура и время – это главные факторы, которые управляют протеканием химических реакций, приводящих к образованию углеводородов (рис. 2) [6].

Нефтяная геохимия в Польше, так же, как и в странах Западной Европы или США, достаточно быстро развивалась в последние трёх десятилетиях. Как научная дисциплина получила право на существование в 1959 г., во время V Мирового нефтяного конгресса в Нью-Йорке. Первоначальные исследования касались анализа носителей месторождений. Позже начали всё более и более интересоваться истинной породой (ма-

теринской), а в меру прогресса в аналитической технике внедряли всё более новые исследовательские методы, как к образцам пород, так и нефти, а также к сопутствующим им носителям [8].

Геохимические исследования пород позволяют ответить на вопрос, есть ли в районе, в котором ищутся углеводороды, материнская порода и есть ли условия, в которых находилась в геологическом времени, которые могли привести к образованию углеводородов. Следовательно, важным вопросом является понимание и распознавание первичных условий, в которых доходило к образования – сначала характерных типов осадочных пород, а позже их термической эволюции преобразования в геологическом времени в замысловатую систему предпосылок, ведущих к генерации и экспульсии, а затем к миграции и аккумуляции углеводородов.

Большинство осадочных пород содержит рассеянное органическое вещество характеризующуюся разным происхождением и методом образования, а также разными физическими свойствами и химическим составом. Это вещество содержит 85-90% угля органического происхождения и 8-10% водорода.

Состав органического вещества разнородный и зависит от многих факторов:

- условия седиментации,
- геохимических условий существующих во время седиментации (редукционных, окисляющих в морских или озерных средах),
- типа исходного органического материала (напр. растительная и животная материя, бентос, планктон), а также его дальнейшего преобразования.

Известны три типа керогена (органического вещества), которые в зависимости от глубины залегания отложения, а также температуры, могут генерировать газ или нефть. К примеру, на глубине около 2,5-4 км при температуре 90-120°C может образоваться нефть и небольшое количество газа, а при высших температурах – в границах 150°C – почти исключительно природный газ.

Геохимические исследования, направленные в первую очередь на оценку материнства пород пробуриваемых в данном профиле скважины, проводятся методически для всех стратиграфических уровней и являются постоянным элементом в поисковых работах.

В Институте Нефти и Газа прodelывается большинство геохимических анализов, задачей которых является в как можно большей степени распознать качество органического вещества, так чтобы провести к определению места, времени и количества выгенерированных углеводородов, а также указать на генетические связи с материнским веществом, включая в это условия среды депозиции.

Биомаркёры – носители генетической информации и термических изменений

Развитие аналитических техник, таких как газовая хроматография и массовая спектрометрия, позволяет проводить всё более лучшие анализы небольшого количества соединений, называемых „биомаркёрами“ – биологических меток, встречающихся как в нефти, как и битуминозных экстрактах из пород, которые являют-



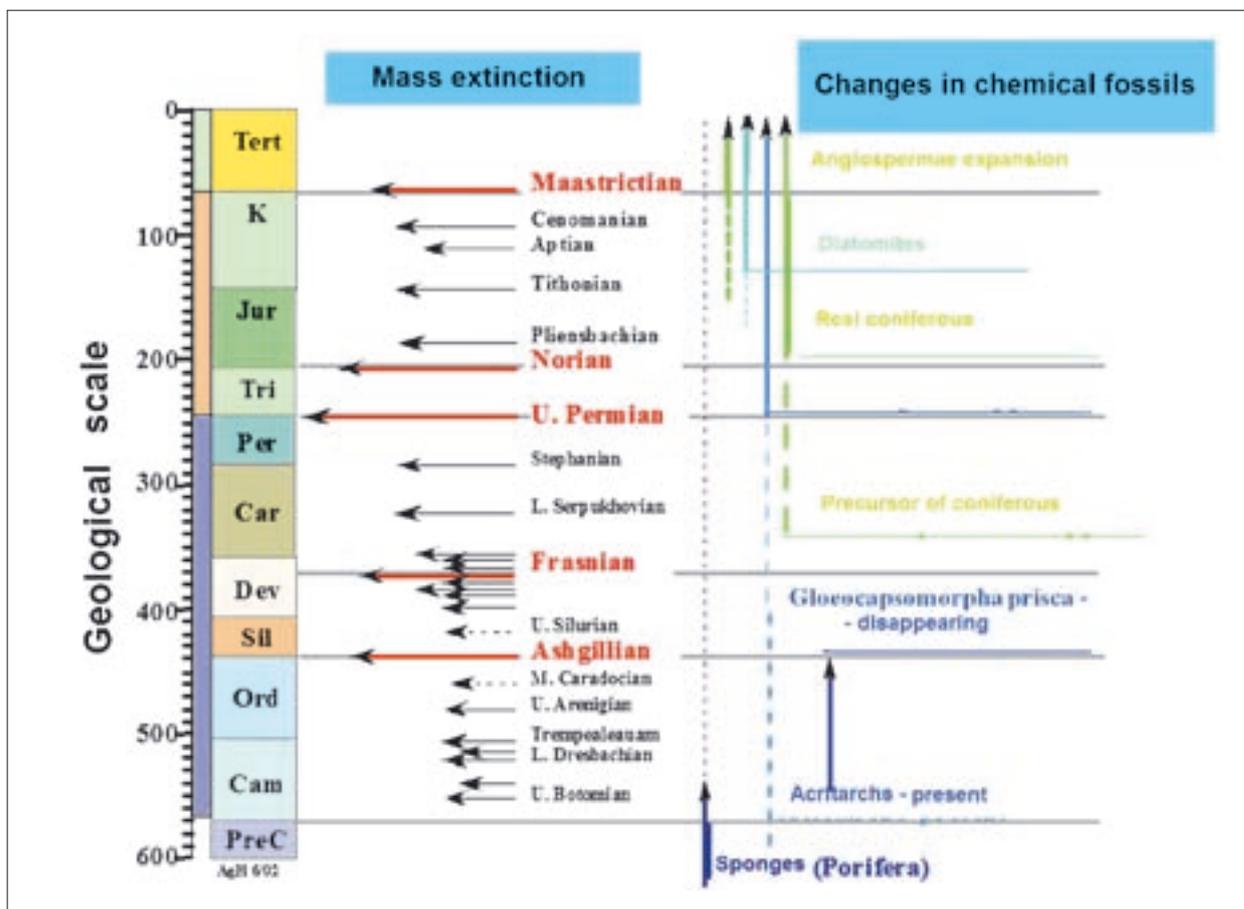


Рис. 3. Химические окаменелости (биомаркеры) во время геологической истории (по Холба 1998) [4, 5]

ся носителями ценной информации при определении генетических связей и истории нефти, встречающейся на данном месторождении. В польской нефтепромышленности анализ этих специфических соединений был введён в середине 90 годов., и с всё большим успехом применяется в большинстве проводимых разведывательно-пластовых работ. Показание структурной зависимости между органическими соединениями, встречающимися в нефти и материнских скалах, и живыми организмами (напр. ангиосперм, порфирины, хлорофилл) очень важно в аспекте теории биогенного происхождения нефти [8].

Биологические молекулярные метки, в литературе повсеместно называемые биомаркерами – это содержащиеся в материнских породах или нефти органические соединения, углеродный скелет которых устойчивый в геологическом времени. Термином "биомаркер" (chemical fossil – химическая окаменелость, molecular fossil – молекулярная окаменелость) обозначается каждое биогенное соединение, встречающийся в нефти или в экстракте битуминов из потенциальной материнской породы, основной углеродный скелет которого говорит о связи с его природным биологическим предкурсором. Биомаркеры – это преимущес-

твенно микроокаменелости диаметром ниже 30 мк, характеризующиеся стереохимическим дифференцированием, что позволяет на связь этих соединений с соответствующими живыми организмами – прекурсорами органического вещества [1, 2, 5, 10]. Первые работы о возможности использования биомаркеров в нефтяной геологии появились поздних шестидесятих годах XX столетия, когда Егlington и Калвин нашли микроокаменелости животного и растительного происхождения как в отложениях, так и в нефти [11]. С тех пор в различных нефтяных бассейнах проводились исследования, результатом которых было открытие большого числа новых соединений генетически связанных с живыми организмами (рис. 3). К простым и наиболее ранее распознанным биомаркерам принадлежат n-алканы и ациклические изопреноиды, а также некоторые ароматические соединения (напр. нафталины и фенантрены) [10, 11]. Для биомаркеров со сложной химической структурой требуются анализы при помощи техники газовой хроматографии вместе с масс-спектрометрией GCMS (рис. 4), которая благодаря большой чувствительности позволяет измерять такие соединения как: сесквитерпены, три-терпены, хопаны и стераны, встречающиеся обычно

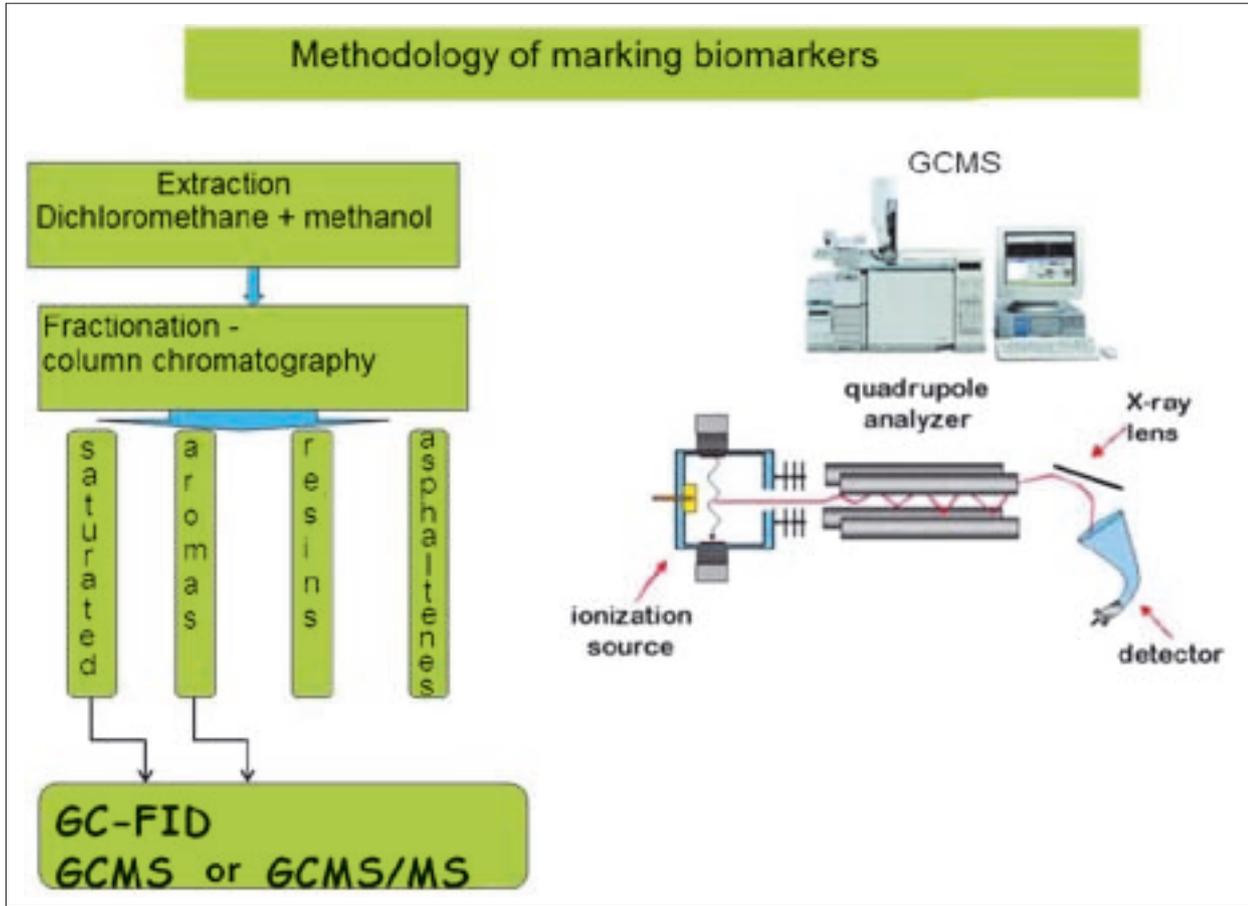


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая методы работы с образцами содержащими биомаркёры

в геологических образцах в очень малых концентрациях [1, 8].

Несмотря на очень низкие концентрации, биомаркёры являются носителями ценных информации для определения генетических соединений пластовых флюидов со материнскими породами и истории нефти, залегающей на данном месторождении. Их роль в характеристике нефтяных систем важна с точки зрения необходимости определения как генетических соединений между материнской породой и аккумулярованными углеводородами, как и уточнения уровня термической зрелости при моделировании термической истории бассейна [1, 3, 6]. Температура и время – это главные факторы, которые выкрикивают изменения в конфигурации специфических соединений. Такой подход ведёт к сокращению риска при поиске углеводородов, так как позволяет уточнить возраст материнских пород, их литологический тип и определить термические преобразования, что в корреляции с открытыми углеводородами значительно сужает круг поиска, так называемой генерационной кухни.

До сих пор исследованиями биомаркёров в Польше охвачено много образцов нефти, происходящей с месторождений карпатского флиша, предгорья Карпат,

а также образцов нефти из образований главного доломита, карбона а также среднего кембрия в прибалтийской синеклизе. Аналогичными исследованиями охвачены также потенциальные материнские породы карпатского флиша, а также мезозойско-палеозойских образований основания Карпат и доломита на Польской низменности. Исследования специфических биологических меток использовались для корреляционных работ, где анализировались биомаркёры из группы хопанов, стеранов, тритерпенов, а также такие специфические соединения как олеонан и гаммацеран [8].

В свою очередь, биомаркёры ароматической фракции находят широкое применение в определении термической зрелости нефти и органического вещества, содержащегося в битуминозных экстрактах. Среди ароматической группы биомаркёров анализом охвачены алкилнафталины, алкилфенантрены, а также производные дибензотиофена, взаимные количественные связи которых изменяются с ростом степени термического преобразования. Хорошая применимость этих коэффициентов относится особенно к моменту достижения этапа катагенетических преобразований и их можно причислить к другим известным коэффициентам зрелости осадочных пород, напр. измерять реф-

лексийность витринита или значение T_{\max} из пиролитического анализа Rock-Eval.

Проведенные исследовательские работы по нефтяной проспекции для отдельных групп биомаркёров, которых идентифицируют на основании характерные спектров массы, позволили наметить для материнских пород соответствующие им биологические меток, пригодные для корреляционных работ. Проводимые в Польше работы являются вступлением к познанию природы материнских осадочных пород, являющихся отправным пунктом для генерации и позднейшей аккумуляции углеводородов. Эти работы имеют одну основную цель: определение генетических соединений между осадочной породой и аккумуляциями нефти, что позволяет предсказать направление поиска новых аккумуляций, одновременно уменьшая риск проводимых разведывательных работ.

Определение генетических связей между нефтями в региональном масштабе может помочь выделить

своеобразия источников питания. Корреляция основывается на анализе многочисленных коэффициентов, полученных при исследовании:

Основной метода корреляции является предположение, что определённые типы материнских пород, депонированных в одинаковых окружающих условиях, будут генерировать одинаковые нефти. Следовательно, определённые биомаркёры, преобладающие в материнских породах, должны быть найдены в нефтях, выгенерированных из этих пород. Эта зависимость не однозначна ввиду таких факторов, как:

- разное время генерирования при отличающейся глубине погружения,
- изменения во время самой аккумуляции (вымывание водой, биодеградация, дозревание, вторичная миграция, контаминация), которые должны учитываться при корреляционных работах.

Корреляция нефтей, это очень существенный вопрос в проспекционной промышленности – позволяет направлять работы на ново разбуриваемой территории, где после открытия нескольких месторождений нефти можно, учтя их характеристику, делать выводы о латеральном или вертикальном распространении проспекционных горизонтов. Каждый вид нефти имеет определённые характерные черты, свойственные для одной нефтяной системы. Определение числа групп нефтей ведёт к определению числа нефтяных систем, что сужает дальнейшие поиски внутри определённых типов материнских пород или идентифицированных структур. Корреляция нефть-нефть позволяет определить в частности продолжение каверновой породы в дислокационных зонах, а также ответить на вопрос: может ли геохимический состав нефтей и газов на разных производственных горизонтах происходить от одного источника? Современные аналитические техники достаточно чувствительны, чтобы показать сходство двух видов нефти, или же исключить его. Значительно труднейшей задачей является определение изменений происходящих во время миграции нефти из материнской породы в каверновую, или физико-химических и химических изменений двух генетически одинаковых нефтей после их аккумуляции.

Примеры применения биомаркёров в польских нефтяных бассейнах

Исследования биомаркёров, проведенные унифицировано для потенциальных материнских пород и открытых аккумуляций нефти в избранных геологи-



ческих единицах в Польше показали, что они могут значительно приблизить оценку данного нефтяного бассейна. Эта оценка была выполнена на основании специфических соединения из группы пентациклических терпенов, стеранов и трициклических терпенов, а также олеана, гаммацерана и т. п. В корреляции учтены также ароматические соединения, в том числе серные соединения, а также индивидуальные из той группы, такие как ретен или кадален. Естественно, результаты таких исследований должны интерпретироваться на основании хорошей геологической разведки, что в дальнейшем позволяет правильно выполнить моделирование бассейна.

Одной из охарактеризованных нефтяных систем была юрайско-меловая на предгорье Карпат в западной части малопольского блока; с генетической точки зрения охарактеризованы потенциальные материнские породы для встречающихся там аккумуляций углеводородов. Хотя большинство месторождений нефти проявляет похожие свойства по физико-химическим

во внимание, для месторождения Гробля, два источника питания.

В свою очередь, более отдаленные месторождения (напр. Пильзно) проявляют генетическое отличие из-за содержания олеана, гаммацерана и большого содержания трициклических терпенов с преобладанием структуры t_{19} (рис. 5). Принимая во внимания отличие этой нефти от остальных из этой юрайско-меловой системы, для неё, скорее всего, единственным источником генерирования жидких углеводородов являются юрайские образования.

Зато другие, как не содержащие олеана, могут быть коррелированы с палеозойскими образованиями (нижний карбон или девон).

Размещение биомаркёров очень хорошо отражает изменчивость условий среды седиментации отложений, а также их генетические свойства, и почему должно быть использовано в профилях бурения для выделения литофаций эквивалентных генерационным уровням.

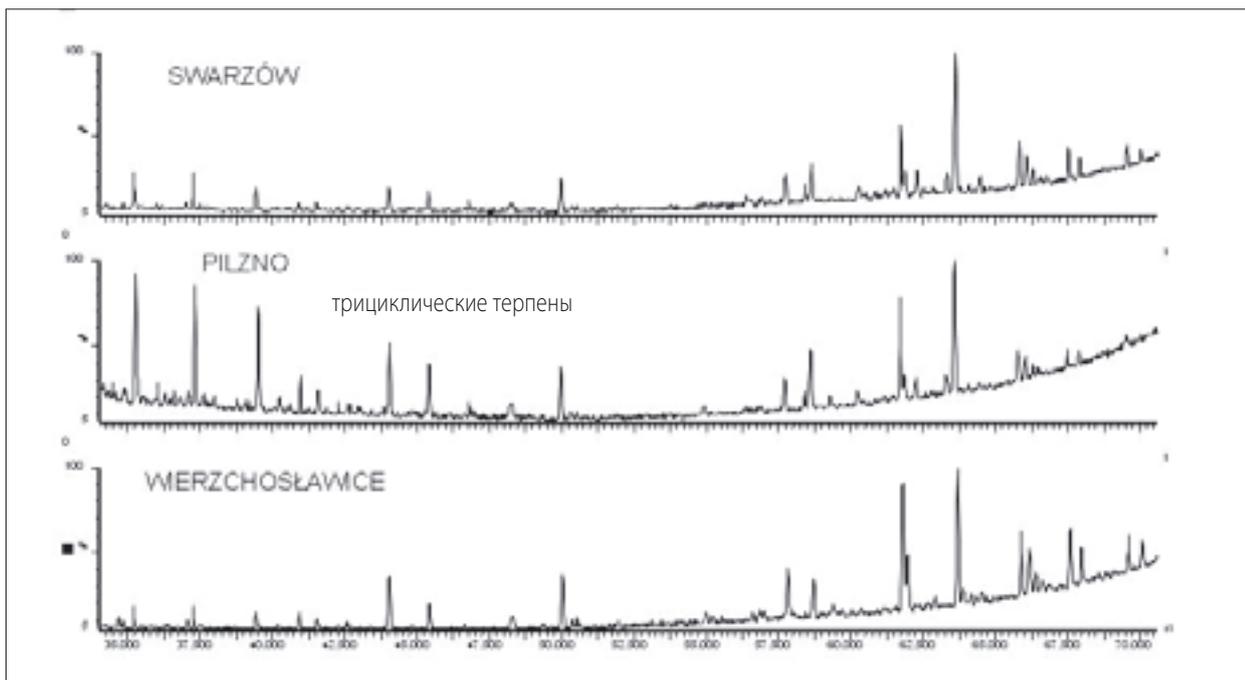


Рис. 5. Состав биомаркёров из группы терпенов m/z 191 в трёх примерных юрайских месторождениях на предгорьях Карпат, иллюстрирующие очень тонкую разницу влияния генетических свойств материнских веществ [8]

параметрам, то каждая с этих аккумуляций в деталях характеризуется иными генетическими свойствами, что вынуждает искать для них источники питания в разных материнских скоплениях.

В качестве материнских, для генераций нефти в районе Гробли-Плавовицы, ввиду генетического подобия, можно принять образования нижнего карбона (фашия кульма), а также, альтернативно, образования юры-мальма. Принимая во внимание биомодальность распределения биомаркёров необходимо принимать

Учитывая состав биомаркёров и подсчитанные на их основании различные геохимические коэффициенты, для всех образований на предгорьях Карпат, обрисовываются определённые характерные свойства по типу материнского вещества, среды её седиментации, а также степень термических преобразований, что будет базой ценной информации для предстоящих работ, проводимых на этой территории. Отличие генетических свойств заметно не только между стратиграфическими выделениями, но даже внутри одного выделения.

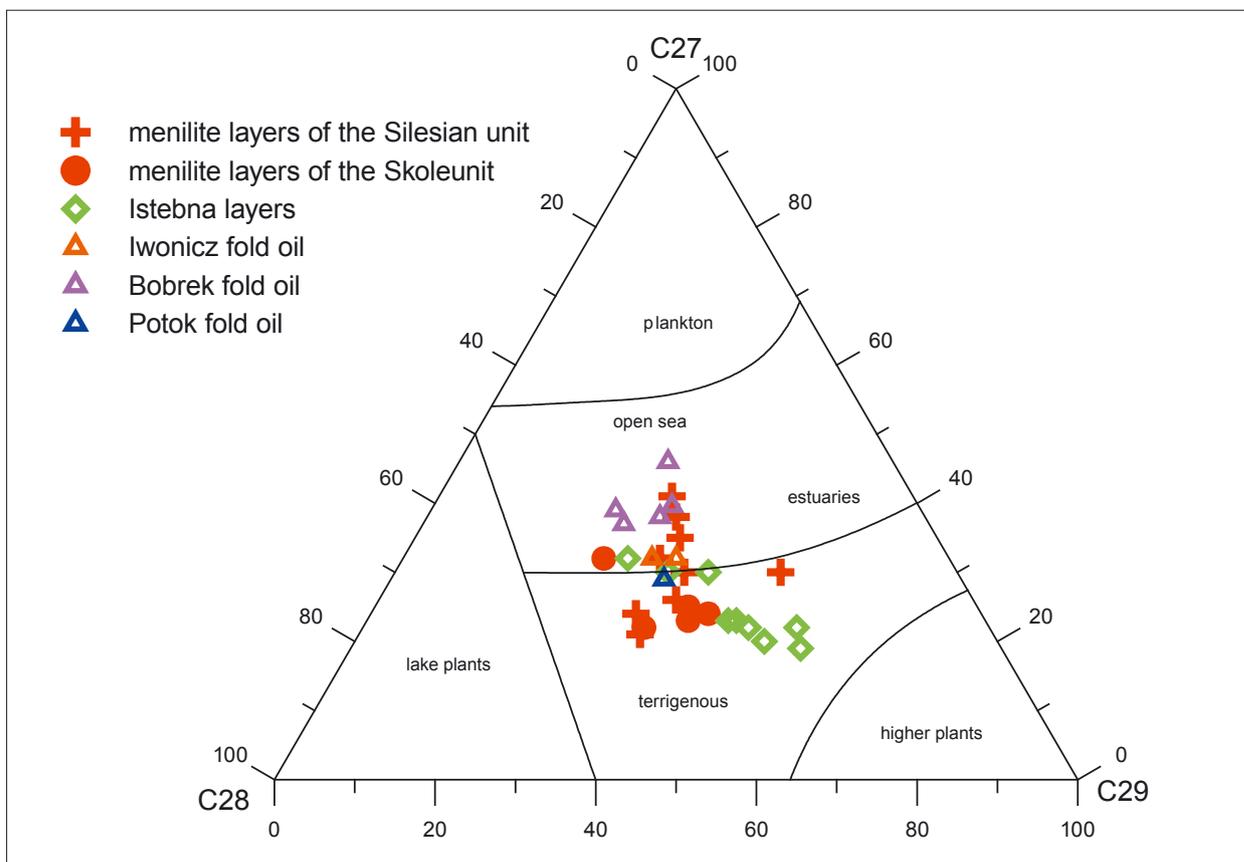


Рис. 6. Корреляционная диаграмма для отдельных карпатских нефтей с потенциальными материнскими породами на основании состава стеранов [8]

Тем не менее удаётся выделить определённые группы отложений, отличающийся взаимными реляциями коэффициентов, следующих из разного типа среды или уровня термических преобразований.

Для образований карбона на территории малопольского блока размещение биомаркёров из группы три- и пентациклических терпенов показывает определённые свойства, позволяющие отличить его от образцов полученных с других палеозойских образований. К ним принадлежат:

- относительно низкое содержание трициклических терпенов по отношению к хопанам,
- преобладание t_{23} трициклического терпена среди той группы биомаркёров,
- присутствие тетрациклического терпена T_{24} ,
- относительно высокое содержание C_{29} норхопана.

Отложения ордовика характеризуют самый высокий уровень насыщения кислородом; так же как и высокий окисляющий уровень, характерный для образований силура. В свою очередь образования карбона проявляют наличие низкокислородной среды, а девона – редуccionной. Решительно выде-

ляются генетические образования мальма (морской характер с высоким содержанием стеранов C_{27} и C_{29} норхорана), а также средней юры, с большой долей материкового вещества, где стераны C_{29} составляли более 60% в этой группе биомаркёров, доказывая высокую долю сосудистых растений, раскладываемых при помощи бактерий. Такие специфические свойства неоднократно являются решающими в корреляционных работах.

Благодаря результатам исследований биомаркёров охарактеризовано также много карпатских месторождений, нефтяная система которых требует другого подхода, потому что характер тектонического строения подсказывает решения при корреляционных работах, которые должны проводиться в черте выделенных тектонических единиц (рис. 6).

Исследования биомаркёров проявили большую пользу для оценки вторичных изменений, встречающихся среди аккумулярованных нефтей и для распознавания повторных случаев наполнения пластовых ловушек, что особенно подтвердилось в Карпатах, в нефти, аккумулярованной на мульде Потока. Значительно сдетализирована генетическая характеристика менелитовых пластов, узнаваемых за одни из самых лучших ма-

теринских пород в образованиях карпатского флиша в Польше. Для этих пластов, особенно на территории Скольска в районе Лодыны-Пашова, скоррелированы глубинные образования с открывающимися на поверхности. Органическая субстанция этого литостратиграфического выделения была определена как морско-материковая – депонировалась в мелком бассейне, в котором были субкислородные условия, выгодные для сохранения органической материи. Основным корреляционным соединением является биснорхопан, встречающийся на территории Скольска во всех образцах и то в значительном перевесе над остальными терпенами, особенно в образцах с низкой зрелостью. Остальные свойства определенные благодаря исследованиям биомаркёров:

- среди хопанов – содержание олеана, свидетельствующее об доле материковой органической материи ($O/C_{30 \text{ hop}}$ в диапазоне 0,20-0,31),
- небольшие или нулевые количества трициклических терпенов,
- среди хопанов изомеры с конфигурацией R, подобным образом среди стеранов присутствовали преимущественно изомеры aaR, что свидетельствует о низкой термической зрелости.

Кроме того, преобладали соединения принадлежащие к норхоранам, что может свидетельствовать или о деградации углеводородов, или о палеовытекании во время седиментации отложений, или также о высокой активности бактерий в деструкции органического вещества.

Большинство из этих свойств позволило позитивно коррелировать все нефти со скольской территории и изучить их генетическое отличие от других исследуемых нефтей с силезской и подсилезской территории. Во всех нефтях скольской территории найдено наличие C_{28} -биснорхорана (BNH).

В многих образцах менелитовых пластов вместе с олеаном найдено также наличие ретена, который яв-

ляется доказательством наличия материкового вещества. Наличие ретена указывает на долю голосеменных растений типа *gymnospermae*. Чаще всего он находился в образцах с низкой термической зрелостью.

Биомаркёры могут заметно помочь в воспроизведении тектонической перестройки Карпат, благодаря возможности генетической корреляции поверхнос-

Учитывая состав биомаркёров и подсчитанные на их основании различные геохимические коэффициенты, для всех образований на предгорьях Карпат, обрисовываются определённые характерные свойства по типу материнского вещества, среды её седиментации, а также степень термических преобразований, что будет базой ценной информации для предстоящих работ, проводимых на этой территории

тных образцов с образцами керна, представляющими часто глубокие профили бурения. Следует однако всегда принимать во внимание комплементарность информации, полученной в исследованиях биомаркёров по отношению ко всей гамме геологическо-пластовых данных. Не безразличен также факт, что наука о биомаркёрах всё еще развивается и – вместе с новыми исследованиями – может помочь изменить взгляды на общепринятые мнения (по возможному уже документальному подтверждению) о генетической принадлежности.

*Автор является научным сотрудником
Института Нефти и Газа в Кракове*

Литература

- 1) Al-Aroui K. R., Mckirdy D. M. & Boreham C. J., (1998) Oil-source correlations as a tool in identifying the petroleum systems of the southern Taroom Trough, Australia. *Organic Geochemistry*, 29 (1): 713–734.
- 2) Bordenave M.L. (1993) *Applied Petroleum Geochemistry*. Editions Technip, Paris.
- 3) Demaison G.J., Bardley J., Huizinga, (1991) Genetic Classification of Petroleum System: *AAPG Bull.*, Vol. 75, p. 1626-1643.
- 4) Fowler M. G., (1992) The influence of *Gloeocapsomorpha prisca* on the organic geochemistry of oils and organic rich rocks of Late Ordovician age from Canada, in M. Schidlowski, and et al., eds., *Early Organic Evolution: Implications for Mineral and Energy Resources*: Berlin, Springer-Verlag, p. 336-356.
- 5) Holba A. G., Dzou L. I. P., Masterson W. D., Huges W. B., Huizinga B. J., Singletary M. S., Moldowan J. M., Mello M. R. and Tegelaar E., (1998) Application of 24-norcholestanes for constraining source age of petroleum: *Organic Geochemistry*, Vol. 29, p. 1269-1283.
- 6) Hunt J.M., (1996) *Petroleum Geochemistry and Geology*, Freeman and Co., New York, 743 p.
- 7) Matyasik I., Dziadzio, P.S. (2005), Reconstruction of Petroleum System Based on Integrated geochemical and geological Investigation: selected examples from middle Outer Carpathians in Poland, *AAPG Memoir* 84, p. 1-21.
- 8) Matyasik I. (2011). Biomarkery w charakterystyce genetycznej systemów naftowych. *Prace INiG* Nr 177, Kraków, 220 s.
- 9) Mizerska M., (2004), Konferencja prasowa Ministerstwa Środowiska i Państwowego Instytutu Geologicznego, *Przegląd Geologiczny*, vol. 52, nr 7.
- 10) Peters K. E., Walters C.C. & Moldowan J.M. (2005), *The biomarker guide. Biomarkers and isotopes in petroleum exploration and earth history*. Ed. 2. University Press, Cambridge: p. 1132.
- 11) Philp R.P. (1985), *Fossil Fuel Biomarkers. Application and spectra*. Elsevier, Amsterdam, p. 280.

Факторы, вынуждающие развитие методов оценки свойств смазочных моторных масел во время эксплуатации

Безопасная и надёжная работа двигателя

БЕСЛАВА УЖЕНДОВСКА, ЗБИГНЕВ СТЕНПЕНЬ

Прогрессирующее развитие поршневых двигателей внутреннего сгорания вызывает то, что смазочные моторные масла подвергаются всё большим нагрузкам во время эксплуатации. Это связано с непрерывно растущими единичными мощностями двигателей, а вместе с тем уменьшением объёма смазочных систем и увеличением пробегов между заменами масла.

Дополнительными факторами, имеющим безусловное влияние на более быструю потерю полезных свойств смазочного масла во время эксплуатации, являются изменения, происходящие как в конструкциях двигателей, так и составе производимых топлив, вносимые в связи с необходимостью защиты окружающей природной среды. Они стали причиной введения во всём мире различных предписаний, сокращающих эмиссию вредных компонентов выхлопных газов из двигателей внутреннего сгорания. Исполнение всё более и более строгих норм чистоты выхлопных газов „Евро“ является вызовом не только для проектировщиков двигателей, но и для производителей применяемых в них топлив и смазочных масел.

Смазочное масло является одним из элементов цепи – в которую входит также: двигатель, система очистки выхлопных газов и топливо – связанных между собой взаимодействием. Происходят они в различных плоскостях и имеют чрезвычайно существенное влияние, в частности на величину и качество изменений полезно-эксплуатационных свойств, а также частоту замены масла.

Эксплуатируемое в двигателе масло подвергается воздействию высоких температур и образующихся во время работы двигателя продуктов сгорания, а одновременно может разбавляться топливом, которое, в случае содержащегося в нём биокomпонента, убыстряет процессы окисления масла. Дополнительным риском, который может быть

причиной резкой, преждевременной деградации моторного масла, являются неблагоприятные интеракции, которые могут появиться между маслом и топливом, чаще всего являющиеся причиной антагонистического воздействия их не всегда совместимых компонентов. Кроме того, на изменение состава масел существенное влияние имеют требования систем так называемой вторичной переработки выхлопных газов (трехфункциональные нейтрализаторы в случае двигателей с искровым воспламенением, а также нейтрализаторы *SCR – Selective Catalytic Reduction* и фильтры твёрдых частиц *DPF – Diesel Particle Filter*, в частности фильтры с непрерывной регенерацией *CRT – Continuously Regenerating Trap* для двигателей с самовоспламенением). В каталитических конвертерах и в фильтрах постоянных частиц в качестве нейтрализаторов применяются благородные металлы чувствительные на воздействие некоторых химических элементов (напр. свинец, фосфор, сера, цинк). Эти элементы могут привести к нарушению функционирования катализаторов и фильтров *DPF*, а даже вызвать их повреждение. В результате это привело к внедрению бессвинцового бензина, низкосерного приводного масла и смазочных масел *Low SAPS* с низким содержанием серы, фосфора и сульфатной золы.

Рассматривая прогрессирующие в эксплуатации процессы деградации смазочных моторных масел следует помнить, что условия эксплуатации имеют очень большое значение в определении пробегов

между заменами масла. Маркетинг становится причиной того, что, как правило, производители автомобилей в инструкциях по обслуживанию подают пробег между заменами масла для идеальных условий пользования автомобилем. Но реальные условия эксплуатации средства передвижения бывают затрудненными или трудными, в частности:

- автомобильная езда на коротких дистанциях (многократное разогревание и охлаждение двигателя),
- езда в уличных пробках (условие езды квалифицируемые как: „*stop and go*“),
- длительная работа двигателя на холостом ходу (езда и простой автомобиля в уличных пробках),
- частый запуск двигателя в низких температурах,
- эксплуатация автомобиля требующая большой, неустойчивой нагрузки двигателя (поочерёдное, сильное перегревание и охлаждение двигателя),
- езда с большой нагрузкой (условия езды на автостраде, буксировка прицепа),
- эксплуатация средства передвижения на не мощных дорогах.

Такие условия могут вызывать более быструю потерю полезно-эксплуатационных свойств смазочного масла и в результате значительно сократить периоды между его заменами (иногда более чем на половину).

Вышеуказанные рассуждения указывают на большое разнообразие, сложность и изменчивость факторов, воздействующих на смазочное моторное масло. Следовательно, для гарантирования безопасной и надёжной эксплуатации двигателя, проводимой лучше всего в приближенных к оптимальным условиям, необходимо вести мониторинг изменений свойств моторного смазочного масла во время его эксплуатации во многих направлениях, для чего необходимы соответствующие процедуры и методы исследований.

Изменения свойств моторного смазочного масла во время эксплуатации

Во время эксплуатации, смазочное моторное масло подвергается многочисленным процессам и подвергается различным факторам, ведущим к постепенной потере его полезно-эксплуатационных свойств. Например, разбавление смазочного масла топливом ведёт сначала к постепенному снижению



его вязкости. В зависимости от вязкости класса смазочного масла, уже 10-15% топлива становится причиной его разбавления до критического значения с точки зрения функции смазки (вязкость ниже приблизительно 6 мм/сек) и приводит к разрыву смазывающей плёнки, выступление пикового трения, а даже сухого вместо жидкого или хотя бы полужидкого. Такое явление может представлять опасность для двигателя, вызывая повышенные процессы износа его рабочих элементов (повреждение, а затем разрушение скользящей плёнки основных и шатунных втулок, затирание шеек во втулках, повреждение хонингованного слоя на поверхности цилиндровых втулок, затирание поршней в цилиндрах и т. п.).

В случае загрязнения смазочного масла твёрдыми частицами, происходящими от износа рабочих элементов двигателя или проникающих вместе с засасываемым в двигатель воздухом, вследствие повреждения фильтра, они вдавливаются в мягкую площадь втулок образуя вид „тёрки“. В дальнейшей эксплуатации это вызывает преждевременный износ втулок и их шеек, а также других рабочих поверхностей (кулачков распределительного вала, поверхностей поршней, желобков поршневых колец и т. п.). Вдобавок, выше описанные деструкционные процессы интенсифицируют кислоты образующиеся в постепенно деградируемом масле, вызывая возникновение очагов коррозии на внутренних элементах двигателя.

Изменения полезно-эксплуатационных свойств смазочного масла могут быть также результатом

его химической деградации, часто преждевременной, вследствие неблагоприятных интеракций между маслом и компонентами присадок, облагораживающих топливо или содержащихся в нём биокомпонентов.

Проблема изменений физико-химических свойств (старения) моторного масла во время эксплуатации, а особенно накопление сажи, возникновение гелей, шламов и образование полимерных структур, увеличивающих его вязкость является существенной для безопасной и экономичной эксплуатации двигателя. Эти процессы происходят в результате интеракции компонентов моторного масла, в частности имеющихся в нём присадок, под воздействием термических и механических факторов во время работы, а также в результате воздействий с облагороженными моторными топливами и субстанциями возникающими во время их сгорания в двигателе.

В последних годах дополнительные проблемы создают всё шире используемые биотоплива, которые, находясь в разной степени окисления, происходящего как от процессов более быстрого их старения, так и несовершенного сгорания в камерах сгорания двигателя, проникают в смазочное масло, вызывая первоначально снижение вязкости смазочного масла и прирост его окисления, а иногда образуют с его компонентами нерастворимые соединения и шламы. Результатом этого может быть более быстрое корродирование подшипников, содержащих медь и свинец. Низкая устойчивость на



окисление биотоплива благоприятствует образованию осадков в двигателе, так же как их высокое йодное число: увыстряющее закоксование форсунок систем впрыска топлива, но вместе с тем усиливающее тенденцию к возникновению и осаждению шламов на внутренних элементах двигателей. При разбавлении масла топливом с добавкой биокомпонентов может также доходить до наносящих ущерб интеракций между сложными эфирами и смазочным маслом, а в частности одним из его основных компонентов, то есть модификатором вязкости.

В настоящее время основными требованиями и ожиданиями, которым должны будут соответствовать смазочные масла для двигателей легковых автомобилей, являются:

- максимальное сокращение трения между совместно работающими элементами двигателей (улучшение механической исправности);
- повышенная стойкость масла, в том числе облагораживающих его присадок, во время эксплуатации;
- ограничение эмиссии вредных компонентов в атмосферу;
- совместимость с системами вторичной обработки выхлопных газов.

Однако, часто исполнение этих требований конфликтует между собой, так как:

- развитие систем вторичной обработки выхлопных газов вынуждается непрерывно заостряемыми правилами в объёме сокращения эмиссии вредных компонентов требует сокращения в маслах содержания серы, фосфора и серной золы, учитывая необходимость компатибельности масел с предметными системами. Это одновременно связано с применением не содержащих серы детергентов;
- необходимость устранения присадок на базе ZDDP (*Zinc Dialkyl Dithio Phosphate*) вынуждает увеличивать содержащиеся в маслах антиокислители, а также сильно ограничивать или исключать противоизносные присадки, содержащие в своём составе серу и фосфор;
- улучшение механической исправности двигателей указывает на необходимость применения все большего количества присадок, которые ограничивают трение, а значит противоизносных, содержащих серу и фосфор, что противоречит с требованиями систем вторичной обработки выхлопных газов и устранением ZDDP;
- удлинение периодов между заменами масла связывается с необходимостью увеличения стойкости масла, что традиционно означает, в случае масла, рост содержания компонен-

тов содержащих серную золу, фосфор и серу, а кроме того применение основы масла высшего качества и большего количества антиокислителей. Эти требования также коллизируют с требованиями систем вторичной обработки выхлопных газов и устранением ZDDP [1, 2, 3].

Поэтому также в последнее время можно заметить напр. тенденцию к снижению содержания фосфора в моторных смазочных маслах, применяемых в автомобильных средствах передвижения. Так напр., учитывая классификацию смазочных масел API, содержащее фосфора для масел класса качества SH сократилось с 0,12% для требований GF-1 до 0,10% для GF-2 [1].

Принимая во внимание факт, что фосфор является одним из основных компонентов присадок противодействующих окислению масла и износу двигателя, снижение его содержания несёт опасность

Проблема изменений физико-химических свойств (старения) моторного масла во время эксплуатации, а особенно накопление сажи, возникновение гелей, шламов и образование полимерных структур, увеличивающих его вязкость является существенной для безопасной и экономичной эксплуатации двигателя.

образования в маслах всё большего количества разного вида осадков и большего износа элементов двигателей. Такая ситуация привела к разработке беззольных присадок новой генераций, заменяющих или дополняющих уменьшенное количество присадок содержащих фосфор. Однако проведённое до настоящего времени моторные тесты по исследовательской процедуре ACTM D5302 (Sequence VE и заменяющей её для более достоверной оценки беззольных присадок не содержащих фосфор – Sequence VF dual plug) показали, что заменяющие присадки не всегда полностью эффективны, а дальнейшее снижение содержания фосфора ниже 0,1% требует значительно высшего уровня дозирования рассматриваемых присадок или разработки других. Подытоживая, следует констатировать, что стремление к снижению содержания в моторных маслах присадок содержащих фосфор и замена их другими,



беззольными присадками, может иметь влияние на увеличение тенденции к образованию в моторных маслах веществ с консистенции гелей, шламов, а даже живицы и твёрдых смол.

В настоящее время, при разработке новых смазочных масел обвязывают две основные тенденции, то есть снижение скорости испарения масла (улетучиваемость) и удлинение периодов между его заменами. Проведенные до сих пор моторные и дорожные исследования позволили сделать следующие наблюдения по отношению к выше определённым тенденциям. Удлиненная эксплуатация масел с большой улетучиваемостью (большой скоростью испарения) ведёт к увеличению, вместе со временем эксплуатации, концентрации металлических присадок в масле. В случае удлиненной эксплуатации масел с малой улетучиваемостью (маленькой скоростью испарения) встречается противоположная предрасположенность, то есть небольшое снижение концентрации металлических присадок в масле. Снижение концентрации присадок вызвано их постепенной деградацией по влиянием различных факторов воздействующих на эксплуатируемое масло. В результате масло с небольшой улетучиваемостью проявляет в меру эксплуатации всё меньшую устойчивость на окисление, увеличенную тенденцию к образованию осадков и всё меньше защищает элементы двигателя от износа. Масло с большой улетучиваемостью быстро испаряется во время удлиненной работы, что вызывает необходимость его периодического дополнения (обновления). Это, с одной стороны, ведёт к добавлению деградируемых

Принимая во внимание факт, что фосфор является одним из основных компонентов присадок противодействующих окислению маслу и износу двигателя, снижение его содержания несёт опасность образования в маслах всё большего количества разного вида осадка и большего износа элементов двигателей.

во время эксплуатации присадок, а с другой – испарение лёгких фракций базового масла вызывает постепенное увеличение густоты такого масла.

Описанные изменения в объёме технологии производимых топлив и моторных смазочных масел, требования к ним, а особенно проблемы, связанные с возможной, взаимной некомпатибельностью состава предметных жидкостей и риск для безопасной эксплуатации двигателя, становятся всё большим вызовом с точки зрения методов их исследования,

распознавания механизмов возникновения и оценки получаемых результатов [4, 5].

Мониторирование изменений свойств моторного смазочного масла во время эксплуатации

В последних годах разрабатывается и используется на практике всё больше процедур мониторинга изменений свойства моторного смазочного масла. Целью этого является гарантирование требуемых полезно-эксплуатационных свойств смазочного масла с помощью верификации интервалов замены масла в зависимости от условий его работы, вплотную связанных с количественными и качественными процессами деградации смазочного масла. Благодаря этому можно также не только гарантировать безопасную и надёжную эксплуатацию двигателя, в котором применены определённые конструкторские решения, но также контролировать, являются ли условия его работы оптимальными с точки зрения взаимодействия со смазочным маслом, изменения свойств которого являются результатом условий эксплуатации автомобиля.

В основном выделяются три взаимодополняющие направления (области) оценок изменений свойств смазочного масла во время эксплуатации:

- количественная и качественная оценка динамики изменений изнашиваемых и других элементов загрязняющих смазочное масло. В этом случае оценивается образец масла, взятый из верхней и нижней части двигателя (ниже оси коленчатого вала) на содержание в них твёрдых частиц металлических загрязнений, учитывая не менее девяти элементов: Cu, Fe, Cr, Pb, Sn, Al, Mo, Si, Na. Однако выбор группы анализируемых элементов в большой степени зависит от конструкционных материалов конкретного типа двигателя и может также включать такие элементы, как: Sb, Ba, Cd, Mg, Mn, Ni, P, Ti и V. Полученные в результате оценки изменения содержания элементов в масле затем анализируются под углом возможных причин их происхождения и возможных причин образования;
- оценка изменений физико-химических свойств моторного смазочного масла. Здесь повсеместно используется, как универсальный метод, спектроскопия инфракрасным светом с трансформацией Fouriera (*FTIR – Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) для анализа: степени окисления масла, содержания сажи, продуктов содержащих серу (кислоты), продуктов нитри-



Air Liquide Global Engineering & Construction Solutions - наилучший выбор в объеме проектирования и строительства установок и сопутствующей инфраструктуры для ведущих технологий во всем мире. Основываясь на многолетнем опыте, в качестве мирового лидера в отрасли газов для петрохимической, медицинской промышленности и защите окружающей среды, Air Liquide разрабатывает творческие, безопасные, надежные и конкурентные решения для своих клиентов.

Входя в склад Группы Air Liquide с 2007 года, **технологии Lurgi** являются мировым эталоном для химической технологии и строительства промышленных объектов. Опираясь на технологиях синтез-газов, производства водорода и чистой конверсии для топливной и химической промышленности, портфолио технологий Lurgi содержит новаторские решения, позволяющие установкам работать с применением экологически чистых и энергосберегающих производственных процессов в соответствии с окружающей средой. Наша позиция лидера в объеме технологий опирается на собственных и лицензированных на исключительность технологиях, целью которых является переработка всех углеродных энергетических ресурсов (нефть, уголь, природный газ, биомасса и т.п.) в чистые продукты.



Air Liquide Global E&C Solutions

Lurgi S.A., Mogilska 41, 31-545 Kraków, Poland
www.airliquide.com

Designing your success

рования, а также содержания в масле топлива, воды и гликоля;

- целью дополнительных анализов является расширение объёма информации об изменениях свойства смазочного масла в различных областях, или подтверждение (уточнение) оценок предварительно выполненных методом FTIR. Определения включают обычно: TAN, TBN, кинематическую вязкость, высокотемпературную вязкость HTHS, содержание топлива в смазочном масле и другие (всё чаще специализированные). Получённые результаты изменений отдельных свойств далее анализируются под углом их возможных причин и потенциальных последствий, которое могут повлиять на полезно-эксплуатационные свойства масла или неисправность двигателя.

Необходимость развития методов оценки изменений свойств смазочного масла

К сожалению, всё чаще неожиданно появляются преждевременные, часто внезапные, процессы деградации моторных смазочных масел, следующее, преимущественно, из-за всё больших нагрузок, которым они подвергаются и возникновения взаимных, многоповерхностных, антагонистических воздействий между смазочным маслом, топливом и двигателем. Всё

чаще также констатируется, что процессы взаимных, невыгодных интеракций смазочных масел с топливами подвергаются непрерывной эволюции вместе с внедрением новых технологий в объёме строения двигателей, появлением альтернативного топлива и, соответствующим образом модифицированных смазочных масел. Для полного, достоверного обследования, оценки и понимания механизмов возникновения этих неблагоприятных явлений не всегда достаточно распространённых и доступных сейчас методов исследований. В связи с этим, возникает необходимость их модификации, развития и внедрения новых.

Всё чаще также указывается на слабость актуальных методов исследования смазочных масел, напр. во время распознавания антагонизмов между повсеместно применяемыми присадками для моторных топлив и смазочными маслами. Эти антагонизмы влияют на более быструю деградацию смазочных масел, результатом чего может быть образование мажеобразных осадков, называемых шламами. Примером может послужить, повсеместно используемый для оценки уровня загрязнений и продуктов деградации смазочного масла, метод анализа ИК-спектроскопии с трансформацией Fouriera (FTIR). Это инструментальная техника состоящая из исследования способности вещества впитывать (абсорбировать), пропускать (трансмиссировать), или отражать инфракрасное излучение. В случае анализа смазочных масел, методика ИК-спектроскопии позволяет наблюдать за убыванием диалкилдифитофосфата цинка, применяемого как антиокислитель и противоизносная присадка (около 976 см^{-1}), оценивать влияние окисей азота на моторное масло (нитрация и нитратация, полосы в диапазоне 1650 до 1600 см^{-1}), наблюдать за процессами связанными с образованием и преобразованиями карбонильных соединений (полосы в диапазоне 1800 к 1670 см^{-1}), которые могут быть связаны с процессами окисления [6]. Возможна также приблизительная оценка содержания в масле топлива, воды и гликоля. Однако нахождение продуктов окисления и сульфинирования не безошибочно, а в случае оценки изменений компонентов и продуктов деградации масла границы "находимости" этого метода мало точные. FTIR не позволяет также однозначно находить многие загрязнения в масле (напр. воду), следовательно эти данные требуют проверки другими способами.

Применение FTIR для анализа отработанных масел требует большого опыта в спектральном анализе и интерпретации полученных результатов. К примеру, исследования методом FTIR образовавшихся шламов в двигателе вследствие неблагоприятных интеракций содержащихся в пакете, облагоражива-



ющем моторный бензин, полиизобутилена и полипропиленового гликоля со смазочным маслом не показали на зарегистрированных спектрах повышенного содержания соединений нитрования и карбонильных соединений типичных для процессов окисления масла. проведение мониторинга изменений полезных свойств выше рассматриваемого смазочного масла с помощью FTIR, а также оценку изменений вязкости и кислотного числа, не позволило предусмотреть сильной деградации и шламирования масла, что в последствии привело к неисправности двигателя. Только применение гелевой хроматографии GPC (*Gel Permeation Chromatography*) и протонного, ядерного парамагнитного резонанса Proton NMR (*Proton Nuclear Magnetic Resonance*) позволило установить причины преждевременного шламирования моторного масла.

Следовательно мониторинг изменений свойств смазочного масла требует применения всё более и более много направленных оценок при использовании дополнительных, модифицированных, расширенных или ново разработанных и адаптированных исследовательских методов.

В Институте Нефти и Газа мы уже давно стараемся расширять объём исследований смазочного масла во время эксплуатации и внедрять дополнительные, часто собственные (*In-house*) методы [7].

Учитывая большое влияние как состава топлива (в том числе содержащихся в нём биокомпонентов), так и условий работы смазочного масла на процессы его разрушения, в настоящее время выделяются два основных механизма рассматривания процессов стабильности окисления масел, которые применяются в INiG в исследованиях отработанного моторного масла, то есть:

- окисление происходящее в большом объёме масла. С такой ситуацией встречаемся в случае масла содержащегося в маслобаке двигателя, где он непрерывно смешивается, при повышенной температуре в соприкосновении с воздухом, что является фактором стимулирующим его окисление и образования нерастворимых осадков – рис. 1. Оценка стабильности окисления делается в случае смазочных масел для двигателям с самовоспламенением по моди-

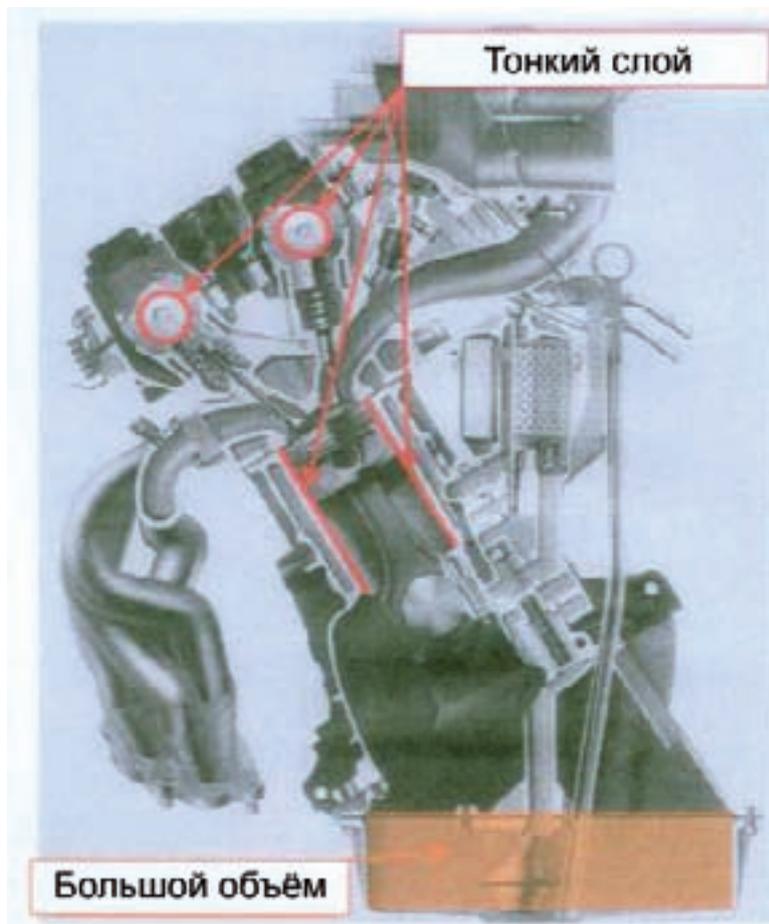


Рис. 1. На поперечном сечении двигателя отмечены примерные пространства, в которых встречаются различные механизмы процессов окисления масла

фицированной в INiG процедуре ACTM D 7545, называемой: *Standard Test Method for Oxidation Stability of Middle Distillate Fuels – Rapid Small Scale Oxidation Test (RSSOT)*. Модификация процедуры производилась с целью приспособления её для оценки процесса окисления моторного смазочного масла.

- окисление происходящее в тонком слое масла отделяющего поверхности элементов совместно работающих при скользящем трении, на определение которого влияет повышенная температура смазываемых частей. С такой ситуацией встречаемся в случае тонкого слоя масла покрывающего поверхности цилиндрических втулок и колец совместно работающих с ними поршней – рис. 1. Оценка стабильности окисления производится в случае смазочных масел применяемых в двигателях с самовоспламенением по модифицированной в INiG процедуре ACTM D 4742, называемой: *Test Method for Oxidation Stability of Gasoline Automotive Engine Oils by Thin-Film Oxygen*

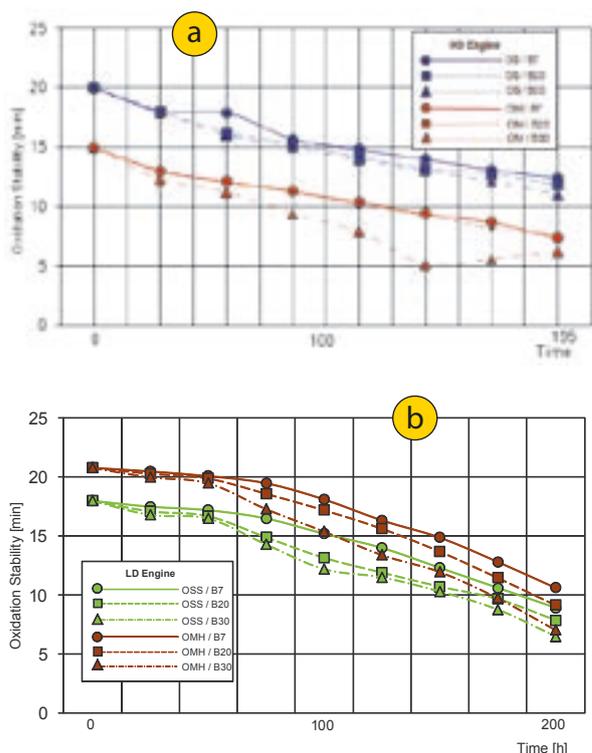


Рис. 2. Сравнение изменений устойчивости смазочных масел в большом объёме на окисление в зависимости от топлива примененного для питания двигателя типа HD (a) и LD (b) [9]

Uptake (TFOUT). Эта процедура предназначена для оценки стабильности окисления происходящего в тонком слое масла применяемого для смазки двигателей с искровым воспламенением. Модификация данной процедуры состояла, в общем, в приспособлении её для оценки стабильности окисления происходящего в тонком слое смазочного масла (деградированного в разной степени) взятого с эксплуатируемого дизельного двигателя. Принята гипотеза, что в тонком слое масло будет окисляться чаще, что в связи с ограниченным временем проведения симуляционных моторных тестов позволит легче обнаружить возникшие процессы деградации масел и лучше различить степени их заавансирования в исследуемых маслах [8].

Оценка выше перечисленных, модифицированных методов исследований процессов окисления моторных смазочных масел проведена в INiG на двух моторных исследовательских постах. На одном из них был установлен исполняющий требования Euro 2 двигатель с самовоспламенением типа HD (предназначенный автобусов и грузовых автомобилей), а на втором исполняющий требования Euro 4 двигатель с самовоспламенением типа LD (предназначенный для легковых автомобилей). В обоих двигателях исследования включали как смазочное масло на минеральной основе (в случае двигателя HD обозначенное символом „OM“, а в двигателях LD символом „OMH“), так и на синтетической основе (в случае двигателя HD обозначенное символом „OS“, а в двигателях LD символом „OSS“) – рис. 2 и 3. Двигатели заправлялись одинаковым топливом содержащим в своём составе соответственно: 7,20 и 30% (V/V) RME и были обозначены как B7, B20 и B30. Полные результаты исследований опубликованы в SAE 2011 World Congress April – Cobo Center Detroit Michigan USA [9], а выборочные представлены на рис. 2 и 3.

Анализ результатов показал в частности (рис. 2 и 3), что рост доли биокomпонентов в топливе взаимодействующим (разбавляющим) со смазочным маслом вызывает ускорение процессов окисления смазочного масла, как минерального, так и синтетического. В случае оценок масел в тонком слое, анализируемые процессы окисления проходят более прогрессивно и показывают большие различия в зависимости от содержания биокomпонента в топливе, которое разбавляло смазочное масло.

Другие новаторский методы позволяющие шире оценивать изменения свойств мониторируемого во время эксплуатации смазочного масла, внедренные в последнее время в ИНИГ:

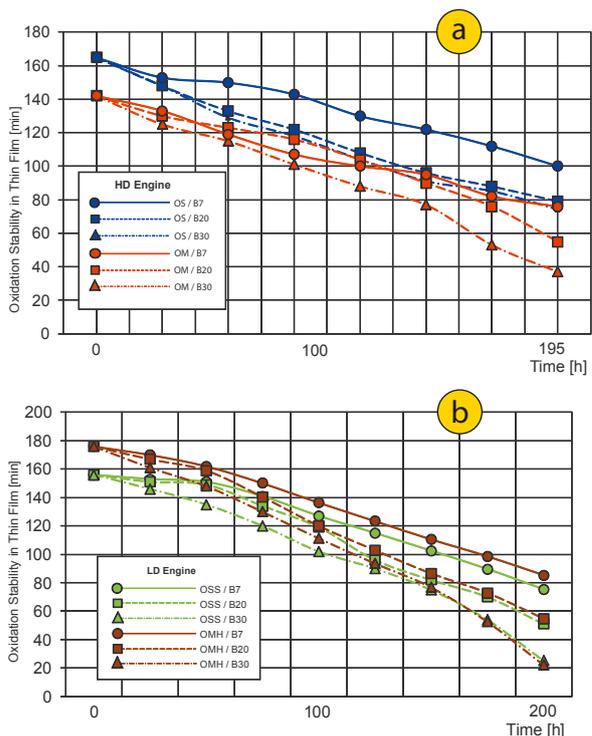


Рис. 3. Сравнение изменений устойчивости смазочных масел в тонком слое на окисление в зависимости от топлива примененного для питания двигателя типа HD (a) и LD (b) [9]

- оценка оставшейся работоспособности (остаточная пригодность масла), по методу RULER – ASTM D 6971. Это вольтметрический метод позволяющий оценить содержание активной части антиокислителей в эксплуатируемом смазочном средстве. Неоспоримым преимуществом этого метода является возможность определения долей всех, внесённых в смазочное масло, типов присадок (отличающихся химическим составом) предотвращающих окисление [10];
- колориметрия мембранного фильтра (MPC). Это метод оценки содержания нерастворимых загрязнений в маслах с помощью спектрального анализа. Этот метод идентифицирует мягкие загрязняющие субстанции, которые непосредственно содействуют деградации масла. О том, насколько новый этот метод, свидетельствует факт, что ASTM ещё не опубликовал для него исследовательскую процедуру, готовый проект которой ожидает утверждение [10];
- метод PQ-index – служит для измерения содержания всех ферромагнитных продуктов износа в образце смазочного средства; всё-таки не различает их размер. Получённые результаты сравниваются с полученными методом AES (атомно-эмиссионная спектроскопия), в которой нет возможности выхватывать ферромагнитные частицы >5 µm [10];
- расположение размера загрязнений - применение микроскопного метода или автоматического счетчика частиц позволяет определить количество любых загрязнений находящихся в смазочном масле, в установленных пределах их величины [10].

Послесловие – предложения

Рациональное использование смазочных средств и гарантирование безопасной, надёжной и долговременной эксплуатации двигателей требует применения всё более широких, много направленных, часто неконвенциональных исследований процессов прогрессирующей потери полезных свойств смазочных масел, чтобы наиболее точно предусматривать возможность их приближающейся сильной деградации.

Дальнейшее развитие поршневых дизельных двигателей вместе со всё большей диверсификацией применяемых топлив будут принуждать изменять состав смазочных масел, учитывающий применение новых групп облагораживающих присадок. Последствием чего будет необходимость непрерывного развития и внедрения новых методов исследования изменений свойств смазочного масла во время эксплуатации, приспособленного к изменениям качества выше упомянутых продуктов и условий их эксплуатации.

Также процессы взаимных, невыгодных взаимодействий смазочных масел с топливами подвергаются непрерывной эволюции вместе с внедрением новых технологий в объёме строения двигателей, альтернативного топлива и соответствующе модифицированных смазочных масел. Распознавание, оценка и понимание механизмов возникновения этих невыгодных явлений приведет к внедрению всё более и более заавансированных, новаторских методов их исследования.

*Авторы – научные сотрудники
Института Нефти и Газа в Кракове*

Литература

- 1) Roby S.H. and Supp J.A. Formulating for ILSAC GF-2 – Part 1: Obtaining Valve Train Wear Protection While Reducing the Phosphorus Content of a Motor Oil – SAE 952342.
- 2) Bardasz E. Future Engine Fluids Technologies: Durable, Fuel-Efficient, and Emissions-Friendly – 11th Diesel Engine Emissions Reduction Conference, August 21-25th 2005, Chicago.
- 3) Lawrence L. J. Heavy-duty Diesel Engine Oil Developments and Trends – www.machinerylubrication.com
- 4) Hancsok J., Auer J., Baladincz J., Kocsis Z., Bartha L., Bubalik M., Molnar I. Interactions between Modern Engine Oils and Reformulated Fuels; Petroleum & Coal, ISSN 1337-7027.
- 5) Thiel Y. C., Hayden T.E. The Fuel Additive/Lubricant Interactions: Compatibility Assessments in Field Studies and Laboratory Tests – SAE Paper 2001-01-1962.
- 6) Robinson N., Hons B. SC. Monitoring oil degradation with infrared spectroscopy – Wearcheck Division of Set Point Technology ISSUE 18.
- 7) Urzędowska W., Stępień Z. Oddziaływanie olejów napędowych zawierających FAME na systemy wtrysku paliwa typu CR oraz na tempo degradacji smarowych olejów silnikowych – Przemysł Chemiczny, 6 (czerwiec) 2011 PRCHAB 90(6) 1113-1273 (2011), PL ISSN 0033-2496, str. 1217 – 1224.
- 8) Urzędowska W., Stępień Z. Monitorowanie degradacji oleju smarowego współdziałającego z różnymi paliwami w warunkach symulacyjnych testów w silniku Diesla – Przemysł Chemiczny, PRCHAB 88(7) 765 – 844 (2009) PL ISSN 033-2496 str. 789 – 795.
- 9) Stępień Z., Czerwinski J., Urzędowska W., Oleksiak, Research on Emissions and Engine Lube Oil Deterioration of Diesel Engines with BioFuels (RME) – SAE Paper 2011-01-1302, SAE 2011 World Congress April 12-14 2011 Cobo Center Detroit Michigan USA.
- 10) Oleksiak S., Żółty M.: Wybrane metody badań do monitoringu środków smarowych – prezentacja, Środki Smarowe 2012, Zagadnienia eksploatacji środków smarowych w urządzeniach przemysłowych, transporcie i komunikacji, 16 – 18 maj 2012 – Muszyna Złockie.

Компьютерные модели и имитация месторождений

Современные методы нефтяных изысканий

ВЕСЛАВ ШОТТ

Нефтяное месторождение начинает свое фактическое существование в человеческом сознании с момента начала изыскательных работ, ведущих к открытию залежи. Очередными этапами «жизни» месторождения являются оконтуривание, бурение, освоение и эксплуатация. Завершающим этапом является ликвидация месторождения.

Каждый из перечисленных этапов существования месторождения требует ряда действий с общим знаменателем: управление месторождением; правильное ведение этого процесса, как и в случае других проектов, оказывает решающее воздействие на получаемые экономические результаты.

Процесс управления включает такие действия, как определение целей, планирование работ, реализация планов, их мониторинг и верификация, а также возможная корректировка с изменениями и оценка полученных результатов. Многие из этих действий требуют использования и анализа альтернативных прогнозов функционирования нефтяных месторождений. Имитационные модели месторождений углеводородов предоставляют на современном этапе технологического развития наиболее точные и правдоподобные инструменты, предназначенные для этой цели.

Одновременно правдоподобность смоделированных прогнозов зависит от точности модели месторождения, которая должна демонстрировать основные характеристики описания месторождения, то есть его форму, объем, элементы сегментации, неровности структуры и множество других. Таким образом, моделирование и имитация месторожде-

ний являются также важными элементами, служащими для лучшего изучения нефтяных месторождений и происходящих в них процессов.

Модели и моделирование

В соответствии с общепринятыми определениями [1]:

- **модель** – это конструкция, схема или описание, демонстрирующие функционирование, конструкцию, характеристики, зависимости какого-либо явления или объекта,
- **имитация** – это искусственное воспроизведение (например, в лабораторных условиях, часто с помощью компьютеров) характеристик данного объекта, явления либо пространства, имеющихся в природе – однако, сложных для наблюдения, исследования, воспроизведения и т.п.

Эти определения правильно передают смысл моделирования и имитации нефтяных месторождений. В настоящее время такие процессы осуществляются

почти исключительно с помощью компьютеров на основе математических моделей объектов, расположенных за пределами прямого наблюдения, а также при очень ограниченных возможностях проведения прямых замеров. Имитация месторождений применяется для удаленных, трудных для изучения, но приносящих конкретные выгоды объектов. Субъектом имитации месторождений являются абстрактные математические модели всех важных элементов этих месторождений, а именно: свойства пород месторождения, жидкостей в месторождении и технические способы их эксплуатации.

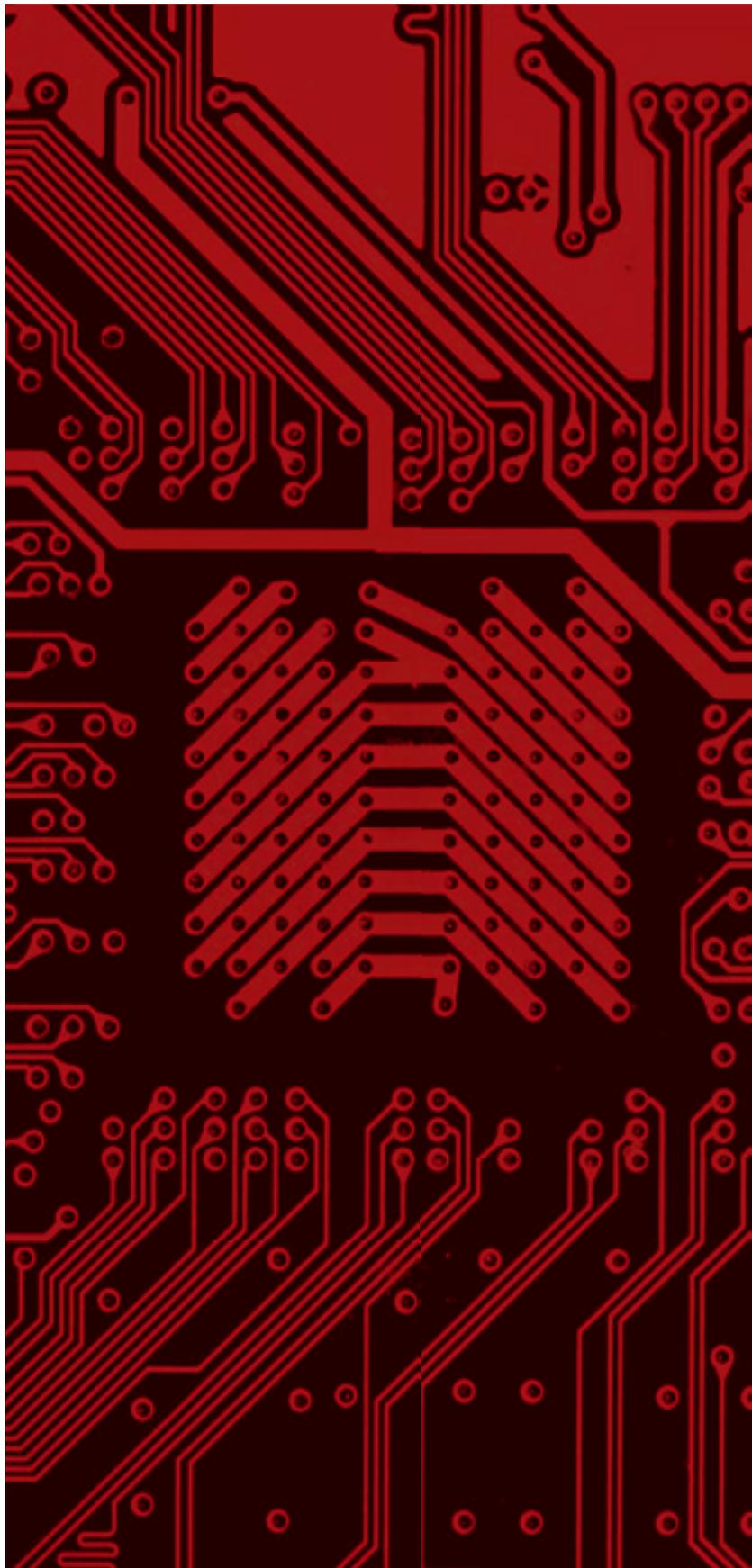
Следовательно, можно утверждать, что сутью имитации месторождений является использование математических моделей месторождений и производящих в них процессах для изучения характерных свойств нефтяных месторождений, механизмов использования их ресурсов и прогнозирования работы месторождений в различных условиях эксплуатации. Следует подчеркнуть, что с практической точки зрения самой важной характеристикой имитации месторождения является (так, как в процитированном определении) возможность моделирования (повторения) работы месторождения в различных, взаимоисключающих, гипотетических условиях в отличие от реальных природных условий либо условий, выбранных на данном этапе эксплуатации оператором месторождения. Вышеуказанная характеристика придает моделям и имитациям месторождений особенно важную роль инструмента для оптимизации способов освоения месторождений и использования их ресурсов.

Данные для моделей месторождений

Имитационные модели месторождений углеводородов создаются при участии различных и наиболее многочисленных баз данных. Эти данные относятся к широкому спектру информации о нефтяном месторождении, включающему в себя геологические, геомеханические, нефтехимические, эксплуатационные, термодинамические показатели и множество других. Для обработки и последующего анализа существенным является тип таких показателей и их отношение к описываемой реальности.

Самой простой группой показателей, классифицированных в соответствии с вышеуказанным критерием являются постоянные показатели, такие, как, например, плотность жидкостей месторождений (нефти, газа и воды месторождения) в нормальных условиях давления и температуры.

Очередные категории показателей – это те из них, которые являются функцией других показате-



лей, трактуемых, как независимо изменяющиеся. В данном случае примером может быть группа собственных жидкостей месторождения, исследуемых в целом в лаборатории в зависимости от условий эксперимента – чаще всего температуры и давления. К ним относится вязкость жидкостей, их сжимаемость, коэффициент объема и другие.

Следующей группой являются зависимые показатели с момента измерения или наблюдения. К ним относятся данные из категории эксплуатации месторождений, такие, как показатели добычи отдельных жидкостей месторождения или показатели давления на головке или внизу буровых скважин.

Последняя группа данных – это показатели, зависящие от пространственных координат, а в отдельных случаях, также и от времени. Эти показатели представляют собой не зависящие или зависящие от времени поля укладки. Они являются очень важной категорией данных, так как с одной стороны включают в себя основные параметры моделируемых месторождений, а с дру-

гой – создают сложные проблемы в процессе их воспроизведения.

Вторым из перечисленных во вступлении критериев классификации данных является соотношение с описываемой действительностью. В понимании данной статьи, «соотношением» считается способ и диапазон измерения (наблюдения) в отношении к измеряемому объекту.

Здесь можно выделить несколько категорий:

1. Интенсивные показатели (местные), измеряемые непосредственно на исследуемом объекте с возможностью повторения замеров в идентичных условиях – к этой категории относятся все показатели, измеряемые в лаборатории, такие, как характеристики зависимости давление-объем-температура жидкостей месторождения, нефтехимические свойства образцов скальной породы и т.п.;
2. Показатели, определяемые путем интерпретации других замеров с использованием различных интерпретационных моделей; в целом это

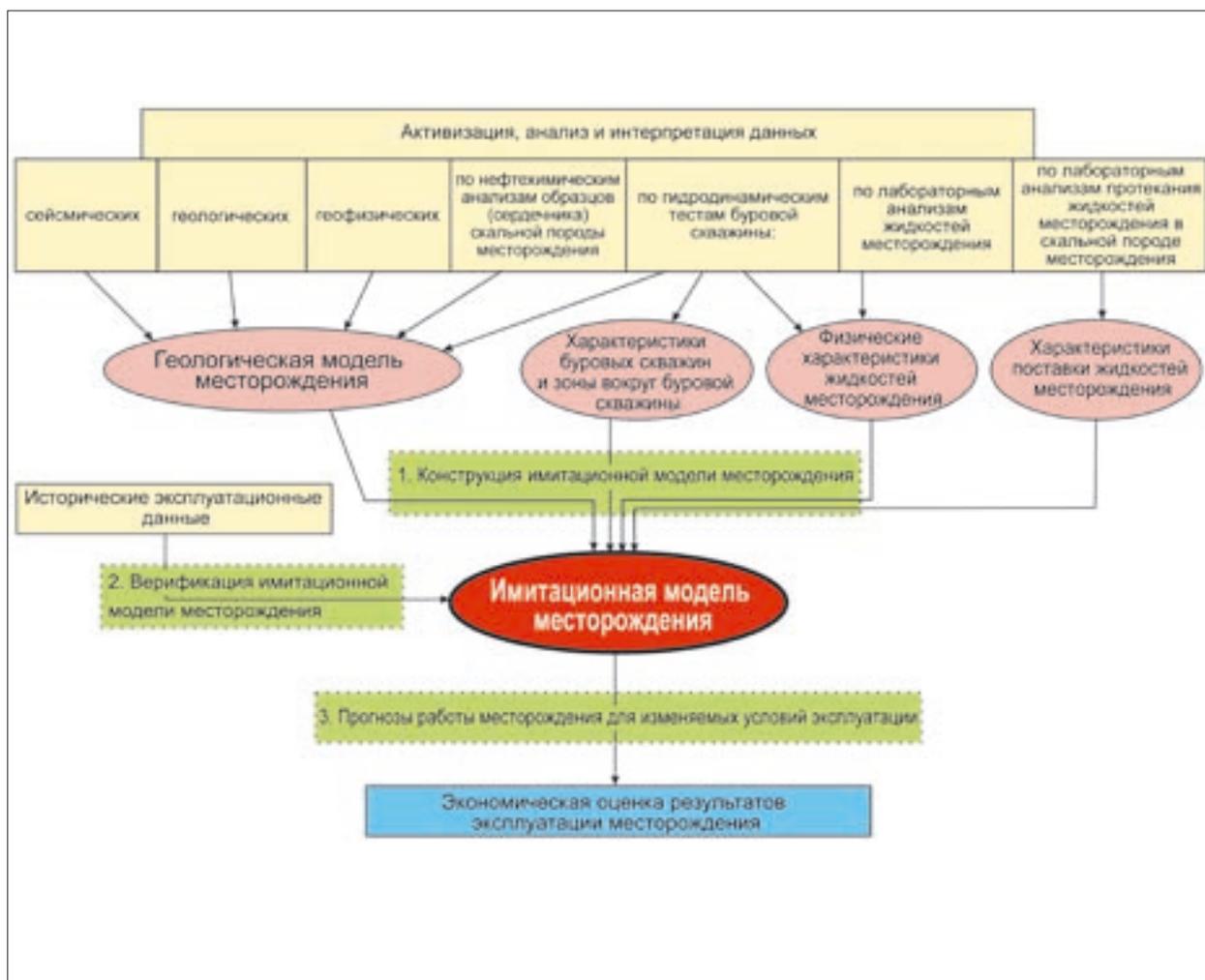


Рис. 1. Схема имитационного моделирования месторождения

усредненные замеры, выполняемые на территориях на образцах значительно больших размеров. Здесь в качестве примера можно указать: геофизические показатели в буровых скважинах для определения скважности и проницаемости в зоне вокруг буровой скважины, гидродинамические тесты для определения средних эффективных параметров в зоне действия теста, сейсмические исследования для определения стратиграфических поверхностей и т.п.;

3. Показатели (укладка), описывающие территории, очень растянутые в пространстве (в скальной породе всего месторождения), полученные на основании замеров, выполняемых на относительно небольшом фрагменте (около одной миллионной объема) этого пространства. К ним относится важная группа параметров, характеризующих месторождение с геологической точки зрения (скважность, проницаемость и т.п.), являющихся частью всех моделей месторождений, не подлежащей передаче.

Методы анализа данных

Данные всех перечисленных выше типов, как правило, подвергаются тщательному количественному анализу. Начиная с самых простых типов показателей в роде постоянных скалярных, соответствующих лабораторным размерам, взаимозависимых по своей функциональности показателей, и заканчивая многомерными параметрами месторождений – все эти данные требуют использования соответствующего математического аппарата. Традиционными инструментами являются: статистика и моделирование данных.

Особую группу данных представляют показатели, характеризующие геологические свойства месторождений. Эти показатели обладают характеристикой, отличающей их от других показателей, указанных выше. Ею является явная и результативная стохастичность, возникающая в связи с характером и генезисом объектов (геологических структур), которые описываются. Несмотря на детерминистические права форм, управляющих возникновением таких структур, нелинейность этих прав и экстремальную чувствительность осадочных процессов на условия, в которых они начинались, они являются причиной того факта, что геологические структуры проявляют сильные стохастические характеристики и требуют использования современных статистических методов.

Дополнительно, небольшой диапазон замеров, включающий мелкий фрагмент объема геологических структур, становится причиной необходимости прогнозирования (интерполяции) их характеристик в местах, которые недоступны для измерения. Это повышает неуверенность в полученных результатах и требует максимально полного использования имеющейся информации и эффективного метода для их анализа.

Геостатистический метод позволяет найти решение проблемы пространственной интерполяции таких показателей и оценки неуверенности в этой интерполяции, то есть позволяет полностью, с точки зрения статистики, оценить их показатели в точках, недоступных измерениям: такая оценка возможна благодаря предварительной идентификации пространственной корреляции анализируемых показателей. Конечный эффект применения геостатистики, то есть возможность генерирования полных пространственных укладок геологических параметров, или дополнение замеров, выполненных в нескольких точках (буровых скважинах в месторождении), значениями во всем анализируемом диапазоне (месторождении) является незаменимым элементом имитационных конструкций моделей месторождений.

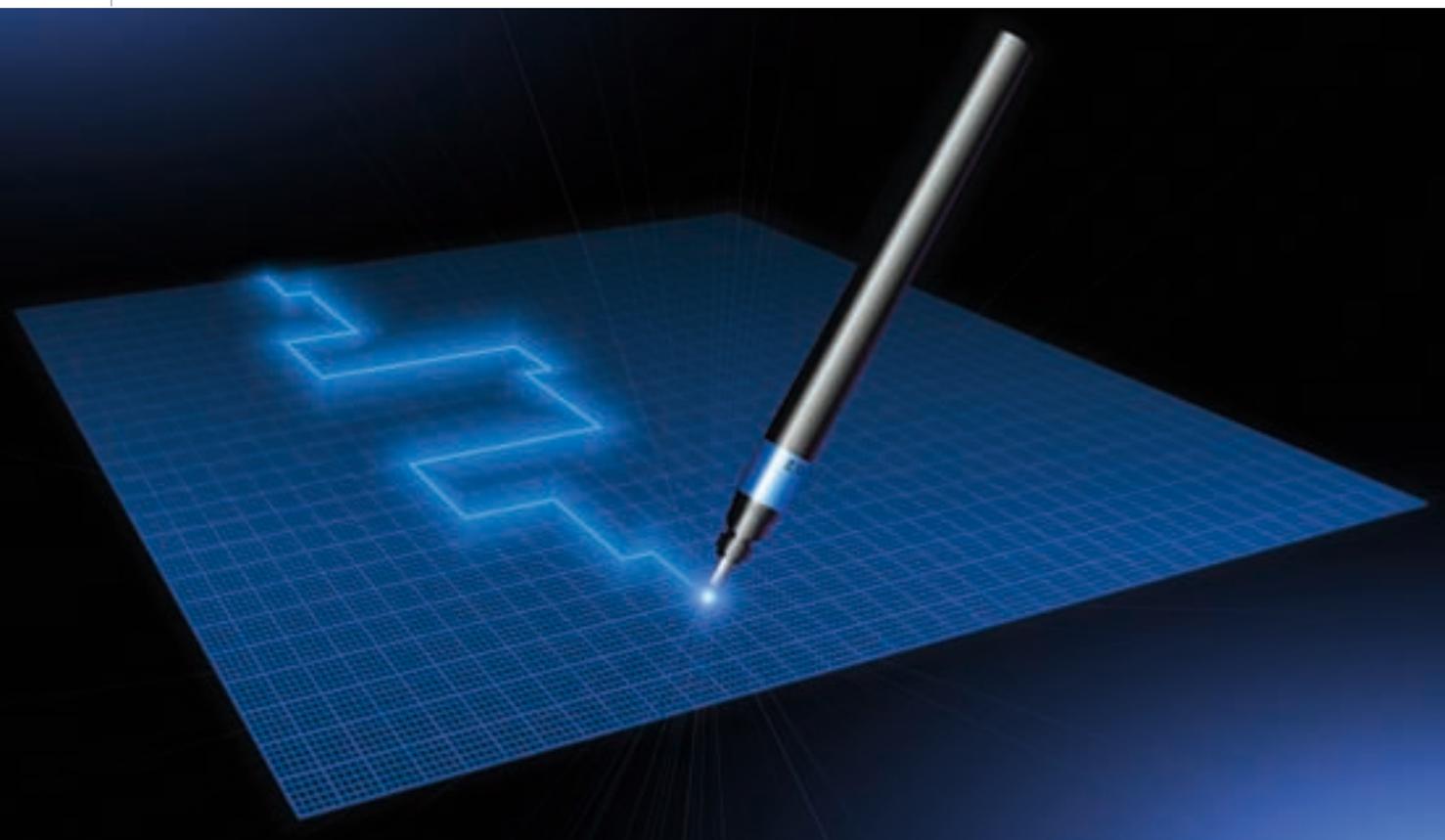
Имитационные модели, как центральный элемент системы описания месторождения

Сбор, анализ и интерпретация необходимых данных о нефтяном месторождении является первым и незаменимым элементом в цепи процессов, служащих созданию полного описания работы этого объекта. Схема остальных, основных элементов и действий, необходимых для составления такого интегрированного описания, именуемого моделью месторождения, представлена на рис. 1.

На указанной схеме имитации месторождений занимают центральную позицию – к ней направлены все остальные элементы процесса за исключением экономической оценки результатов эксплуатации месторождения, основными условиями которой являются результаты прогнозов, выполненных с помощью имитационной модели месторождения.

Имитационная модель месторождения подвергается преобразованиям в имитаторах для имитации месторождений. Это компьютерные программы, позволяющие выполнять в рамках модели месторождения количественные расчеты многих





разнообразных физических и химических процессов, происходящих в нефтяном месторождении во время его эксплуатации. Они включают в себя:

1. Многофазные потоки в скважистом и щелевато-скважистом центре – закон Дарси и его модификации,
2. Фазные явления в многокомпонентной системе (углеводородов и неуглеводородных компонентов) термодинамические выравнивание состояния,
3. Геомеханика скважистого центра – выравнивание напряжений и деформаций скальных пород,
4. Явления диффузии и физической дисперсии в скважистом центре – закон Фика,
5. Термические явления в системе «скальная порода – жидкости месторождения» – закон теплового потока,
6. Химические реакции в системе «скальная порода – жидкости месторождения» – выравнивание химических процессов, стехиометрии и кинетики химических реакций,
7. Биологические реакции в скважистом центре – выравнивание поставки питательных веществ, роста, исчезновения, хемотаксиса микроорганизмов,

8. Явления абсорбции и десорбции в скважистом центре – выравнивание абсорбции/десорбции жидкостей месторождения.

Учет перечисленных процессов позволяет эффективно моделировать функционирование нефтяных месторождений различных типов (конвенциональные и неконвенциональные – в том числе и сланцевые залежи), а также использовать различные методы их эксплуатации (первичные, вторичные, так называемые третьи методы).

Огромный прогресс в области моделирования месторождений [2], который произошел в последние 30 лет, охватил все три основных элемента этой технологии и обеспечил ее доминирующую роль в активизации данных, их анализе и верификации, а также возможности прогнозирования в области функционирования месторождений. Этими тремя элементами являются: оснащение, программное обеспечение и люди.

Оснащение

Практически все сегодняшние работы, касающиеся моделирования и имитации месторождений, выполняются при использовании цифровых технологий. Отсюда ключевое значение компьютерно-

Таблиц 1. Сравнение компьютерного оснащения

Компьютер	Суперкомпьютер Cray 1S (1982 г.)	PC с Intel® Core™ i7 (2012 г.)
Стоимость (USD)	17 000 000	~1 000
Производительность (GFLOPS)	0,027	109
Память (МБ)	22	4 000

Таблица 2. Развитие программного обеспечения для моделирования

Период	Возможности имитаторов для моделирования
1950	Имитаторы 2D; Двухфазные имитаторы (несжимаемые фазы); Простая геометрия
1960	Имитаторы 3D; Трехфазные имитаторы; Имитаторы типа black oil; Учет нескольких буровых скважин; Реалистическая геометрия; Процессы образования конусов
1970	Композиционные имитаторы; Результаты вытеснения при смешивании; Имитаторы химических процессов; Имитаторы термальных процессов
1980	Реалистическое управление буровыми скважинами; Щелевые месторождения; Реалистическое моделирование сбросов; Графический интерфейс пользователя
1990	Имитаторы, не оказывающие неблагоприятного воздействия на пользователя; Подробные геологические модели и „up-scaling“; Местное уплотнение сетки (refinement); Сложная геометрия. Связь с моделированием наземных установок
2000	Имитаторы геомеханических процессов; Имитаторы биологических процессов; Правдоподобные результаты; Имитаторы неподвижной фазы
2010	<i>Имитаторы неконвенциональных месторождений muna tight gas/oil u shale gas</i>

го оснащения для их доступности, результативности и экономии. В начале 80-ых годов прошедшего века (1982 год) самый современный на тот момент компьютер (суперкомпьютер Cray 1S) стоил около 17 млн. долларов USD: выполнял 27 миллионов операций в секунду и располагал оперативной памятью немногим более 20 МБ. Сегодня (2012 год) на офисных столах большинства сотрудников нефтяной отрасли находятся личные компьютеры (например, PC HP с процессором Intel® Core™ i7 980XE) в десять тысяч раз дешевле с производительностью в 40 000 раз выше (940 MF/s) и с оперативной памятью, большей в 200 раз (4 ГБ) – таблица 1.

Эти изменения стали причиной настоящей революции во многих дисциплинах, в особенности требующих интенсивных математических расчетов. Собственного говоря, к таким дисциплинам следует причислить также моделирование и имитацию месторождений.

Программное обеспечение

В области компьютерных программ (имитаторов для моделирования), предназначенных для реализации моделирования месторождений прогресс, хотя и не настолько серьезный, но также достаточно значительный. Практически все процесса, происходя-

щие в месторождении, нашли свое математическое описание и отображение в программном обеспечении. Актуальным примером являются в данном случае имитаторы для моделирования, учитывающие неконвенциональные месторождения типа *tight* и *shale*. Более подробное описание развития возможности имитаторов для моделирования представлено в таблице 2.

Следует подчеркнуть, что развитие программного обеспечения для моделирования и имитации месторождений – это не только (видимое для пользователя) построение возможностей в области новых явлений в месторождениях, но и также новые методы и расчетные техники, придающие дополнительную силу быстрому прогрессу в этой отрасли. Одновременно следует сказать, что повышение возможностей сегодняшних имитаторов выполняется при практически неизменных расходах на их приобретение и использование.

Люди

Очевидным является участие значительной группы компаний, учреждений и отдельных лиц в развитии, описанном в представленных выше пунктах. Дополнительно, вместе с ростом возможности и сокращением расходом на моделирование мес-

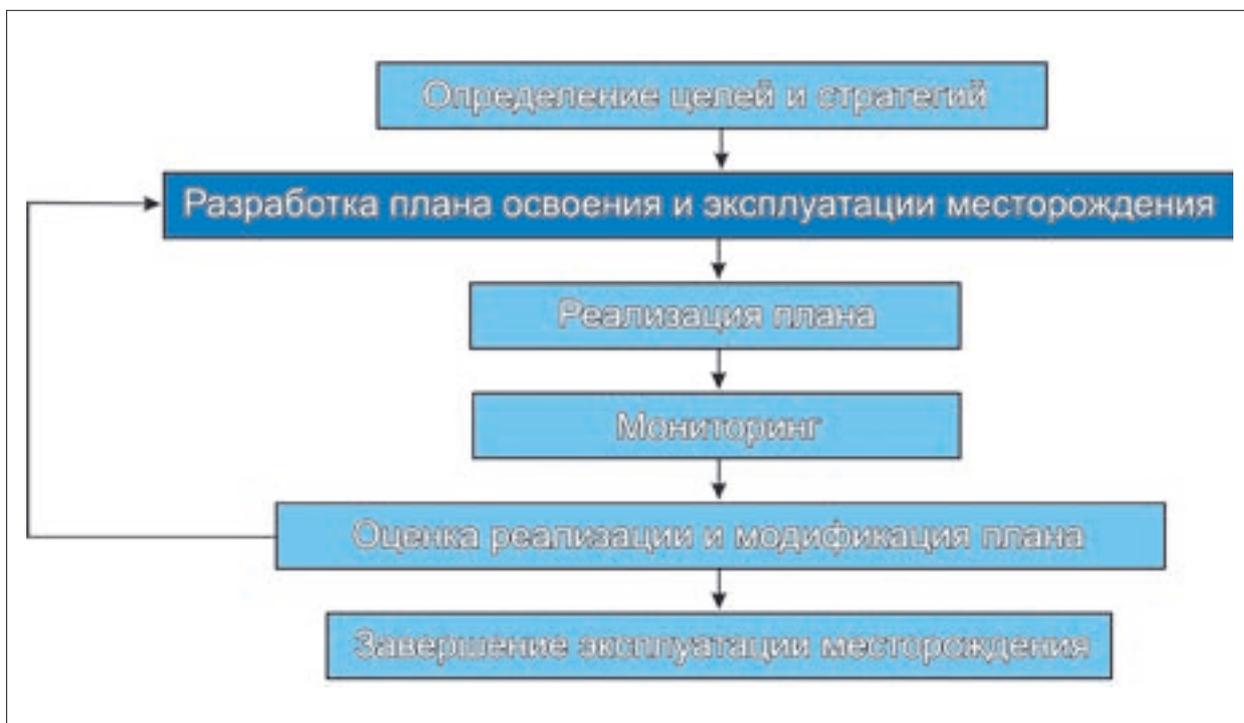


Рис. 2. Схема управления эксплуатацией месторождений



Рис. 3. План освоения месторождения



Рис. 4. Интегрированное управление месторождением

торождений. Наступило значительное увеличение их применение, что проявляется, среди прочего, в образовании новой группы специалистов – «инженеров по моделированию», а также распространенности обучающих курсов в области моделирования месторождений.

Моделирование нефтяных месторождений в Польше

В Польше работы по моделированию были начаты во второй половине 70-ых, когда использовались аналоговые методы и в первой половине 80-ых, когда начали использовать цифровые методы. В то время Институт нефти и газодобывающей промышленности (в настоящее время Институт Нефти и Газа), а также коллективы остальных научно-исследовательских учреждений в отрасли нефтедобывающей промышленности начали использовать в первую очередь аналоговые, далее гибридные и затем цифровые имитационные модели для национальных месторождений с применением компьютеров класса „main-frame“.

В настоящее время применение имитационных моделей месторождений включает в себя решающее большинство известных и используемых в на-

циональной практике процессов добычи углеводородов и их подземного складирования. Кроме всех механизмов естественного истощения месторождений к ним относятся: методы поддержки давления в месторождении путем нагнетания воды, газа, попеременно воды и газа; методы повышения мобильности углеводородов путем нагнетания рабочих сред с вытеснением смешивающего типа, в том числе нагнетание CO₂, а также процесс подземного складирования газа (PMG) в отработанных месторождениях, аквиферах, соляных шахтах и множестве других.

В стране функционирует в настоящее время несколько центров, которые регулярно осуществляют работы по моделированию. К ним относятся: Отдел инженерии месторождений в компании Petrobaltic S.A. в Гданьске, Отделы инженерии месторождений в Зеленогорском и Саноцком Управлении нефти и газодобывающей промышленности компании PGNiG SA в Варшаве, Управление бурения нефти и газа компании AGH в Кракове. Одним из ведущих является Институт Нефти и Газа в Кракове (Управление по моделированию месторождений углеводородов и нефтяных месторождений). К наиболее значительным достижениям Института Нефти и Газа в этой области относятся:

1. Моделирование нефтяных месторождений в Верховицах и Хузове – в частности, самое крупное в Польше нефтяное месторождение

в Верховицах было тщательно разработано в рамках различных имитационных моделей по причине происходящих в нем явлений смешивания газа, нагнетаемого с азотированным природным газом [3].

2. Имитационная модель и программа обводнения месторождения нефти В-3, расположенного на балтийском шельфе – до недавнего времени самого эксплуатируемого месторождения нефти в Польше [4].
3. Конструкция, калибровка и применение модели самого крупного в Польше нефтегазового месторождения ВМВ для оптимизации условий добычи жидкостей из месторождения в учет анализа методов воздействия на месторождение [5].
4. Исполнение имитационных моделей для открытых в последнее время месторождений нефти Любятов – Мендзыхуд – Гротув – Совья Гура [6].

твующий план освоения месторождения. Этот план – это также процесс, состоящий из множества элементов (рис. 3).

Центральное положение в нем занимает конструкция и использование имитационных моделей месторождения. На рис. 4 красным цветом указаны все составные элементы управления (технологии, данные, люди и инструменты), которые являются частью процесса конструкции, верификации и использования имитационных моделей месторождения. Как видно, имитационные модели месторождений, которые являются тем самым элементом, который используется в управлении месторождением, подчиняют себе значительную группу других элементов, и посредством этого упорядочивают и упрощают вышестоящую структуру управления месторождением. Другими словами, моделирование месторождений является ключевым рабочим элементом, вписывающимся в схему современного, интегрированного управления месторождениями. Эту функцию они выполняют при наличии указанных ниже основных характеристик, существующих независимо от использования процесса моделирования в управлении месторождениями. Это основные характеристики имитационных моделей месторождений, которые:

- Стимулируют активизацию и хранение данных в виде современных систем баз данных,
- Требуют и ускоряют интеграцию действий специалистов в различных отраслях (геологов, геофизиков, инженеров по месторождениям и других),
- Позволяют верифицировать: интерпретации, основные положения и заявления, касающиеся основных характеристик месторождения (путем сравнения результатом моделирования с реальными эксплуатационными данными),
- Предоставляют сведения о месторождении и его функционировании в различных условиях его эксплуатации (возможность реализации «виртуальных сценариев» работы месторождения),
- Позволяют определить зависимость достигнутых месторождением результатов от изменяемости и ошибок основных параметров месторождения – предоставляют правдоподобные элементы оценки ресурсов и их исчерпания.

Роль и значение имитационных моделей месторождений в управлении месторождением

Управление нефтяными месторождениями включает в себя хорошо установленную цепь процессов, представленных на рис. 2. С точки зрения процесса управления самым существенным из указанных выше элементов является эффективный и соответс-

Использование имитационных моделей месторождений приносит существенную выгоду для анализа и подбора эффективного плана освоения месторождения. Более того, можно утверждать, что без возможности использования этих моделей разработка правдоподобного плана освоения месторождения практически лишена возможности про-

ведения количественных оценок, в результате чего впоследствии экономический анализ всего проекта представляется очень сомнительным.

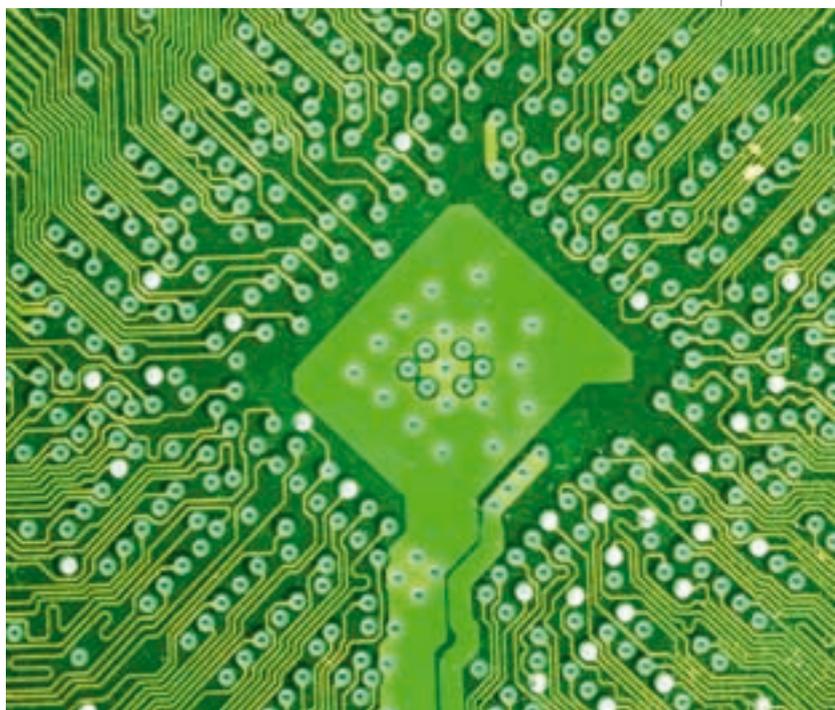
Значение моделирования месторождений в управлении носит двоякий характер. Оно может использоваться в краткосрочных планах, как так называемые оперативные модели для решения таких задач, как оптимизация параметров запланированных буровых скважин (их тип, интервал доступа, направление и длина горизонтального отрезка и т.д.), планы добычи жидкостей месторождения из отдельных буровых скважин (определение оптимальной производительности, состава добываемой жидкости и т.д.) а также множество других.

Однако, свое основное значение имитационные модели проявляют в стратегических задачах для месторождения при использовании так называемых имитационных моделей с указанием всех скальных пород. В этом случае они позволяют определить:

- Прогнозы первичной эксплуатации,
- Подбор методов воздействия на месторождение,
- Определение добываемых ресурсов,
- Зависимость исчерпания от типа и размера инвестиции в области буровых скважин и наземных установок,
- Данные для дальнейшего финансового анализа и определения промышленных ресурсов и другое.

Подведение итогов

Эффективные изыскания нефтяного сырья из его естественных источников, которые являются нефтяные месторождения, это сложные и продолжительные экономические проекты, требующие применения эффективных процедур управления. Решающее значение и роль в таком процессе играют имитационные модели месторождения.



Технологический прогресс в области методов и инструментов цифрового анализа данных наблюдается в последние 30 лет, а предусматриваемое развитие в будущем свидетельствует о дальнейшем повышении роли имитационных моделей месторождений, как ведущего инструмента в управлении месторождениями.

В Польше наблюдается сильный рост применения моделирования месторождений, как в аспекте количества, так и разнообразия проектов, использующих эту методику. Институт Нефти и Газа активно участвует в этом процессе, предлагая свои знания и опыт для потребностей национальной нефтедобывающей промышленности.

Автор является сотрудником Института Нефти и Газа, филиал в Кросно.

Литература

- 1) Uniwersalny Słownik Języka Polskiego, PWN.
- 2) Breitenbach E.A. *Reservoir Simulation: State of the Art*, Journal of Petroleum Technology, September 1991, vol. 43, 1033-1036.
- 3) Mustafiz S., Islam M.R. *State of the Art: Petroleum Reservoir Simulation*, Petroleum Science & Technology, 2008, vol. 26, 1303-1329.
- 4) Szott W. i zespół, Projekt KBN *Technologie wytwarzania i eksploatacji podziemnego magazynu gazu Wierzchowice* INiG, Kraków - Krosno, 1997, w tym symulacyjny model złożowy PMG. Szott W. i zespół, *Aktualizacje modelu złożowego PMG Wierzchowice*. IGNiG/INiG, Krosno, 1998-2008.
- 5) Szott W. i zespół, *Symulacyjny model złoża B3 dla nadzoru przebiegu jego eksploatacji*. INiG, Krosno, październik 2004.
- 6) Szott W. i zespół, *Optymalizacja warunków wydobycia płynów złożowych z uwzględnieniem analizy metod oddziaływania na złożo, w tym zadania: Budowa modelu geologicznego złoża BMB uwzględniająca wyniki najnowszych badań, Konstrukcja modelu symulacyjnego złoża ropno-gazowego BMB, Analiza możliwości zwiększenia stopnia szcerpania z zastosowaniem otworów poziomych, Wybór i optymalizacja parametrów wtórnej metody oddziaływania na złożo BMB w celu uzyskania maksymalnego stopnia szcerpania fazy ropnej*, INiG, Krosno, 2004 - 2006.
- 7) Szott W. i zespół, *Wykonanie modeli symulacyjnych dla złóż ropy naftowej Lubiatów – Międzychód – Grotów – Sowią Góra*. INiG, Krosno, marzec 2007.

Рентгеновская компьютерная микротомография

Увидеть невидимое

Ядвига Залевска, Марек Дохналик

Наблюдать за различными предметами помогает нам, прежде всего, свет, благодаря которому мы видим окружающий нас мир. Для наблюдения за мини-миром, укрытым внутри наших собственных тел или же других объектов, можем также использовать рентгеновское излучение.

Во время просвечивания любого предмета рентгеновскими лучами образуется большое количество параллельных, двумерных изображений, позволяющих трёхмерно отобразить внутреннюю структуру этих объектов. Сгенерированная база данных 3D позволяет визуализировать и проводить количественный анализ сечений в разных направлениях. Позволяет также получить различного типа информацию о полученных выбранных свойствах исследуемых предметов.

Методом позволяющим „заглядывать“ внутрь непрозрачных твёрдых тел является рентгеновская компьютерная микротомография (micro-CT). Этот современный, экспериментальный и полностью неинвазивный исследовательский метод применяется во многих областях науки, являясь ценным инструментом для специалистов наук о Земле.

Рентгеновский микротомограф

Рентгеновский микротомограф состоит из трёх основных частей: источника рентгеновского излучения, манипулятора и детектора (рис. 1).

Источником рентгеновского излучения является рентгеновская лампа эмитирующая лучи X с заданным напряжением и силой тока. Манипулятор позволяет разместить образец перед измерением и обеспечивает его вращение во время выполнения измерения. Детектор конвертирует энергию излучения X в электрический сигнал, который затем регистрируется как изображение. Между источником излучения X и детектором находится рукоятка для образцов. Она позволяет перемещать образцы вдоль трёх перпендикулярных направлений, что позволяет увеличивать и уменьшать проекции

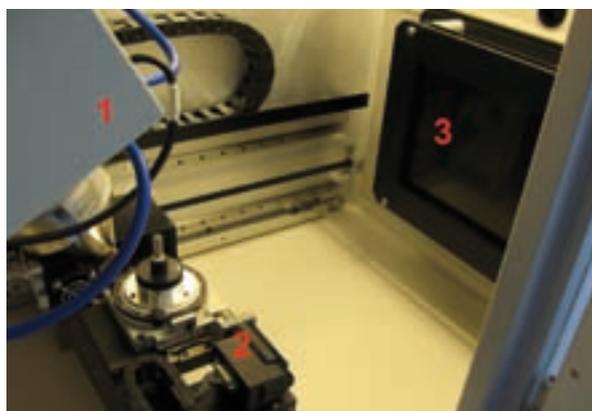
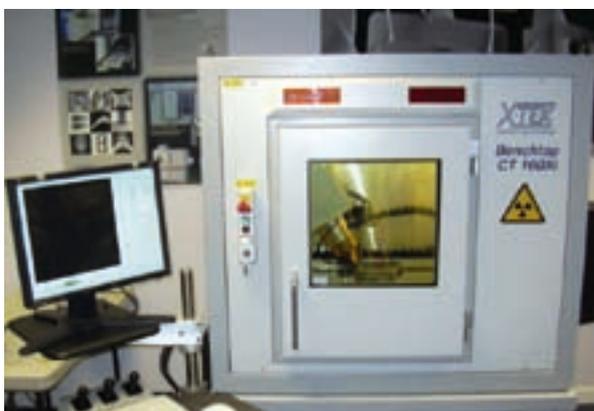


Рис. 1. Рентгеновский микротомограф Benchtop CT 160 Xi; а) фотография аппарата, б) внутренняя часть измерительной камеры устройства: 1 – рентгеновская пушка, 2 – манипулятор, 3 – детектор

Рентгеновская компьютерная томография (СТ – *англ. computed tomography*) была разработана в Великобритании, как медицинская техника для отображения, в ранних 70 годах XX века [Хаунсфилд 1972, 1973]. Прототип компьютерного томографа <http://pl.wikipedia.org/wiki/Tomograf_komputerowy> был сконструирован Хаунсфилдом и вошёл в промышленное производство в 1973 г. За это достижение Г.Н. Хаунсфилд и А.М. Кормак получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине (1979 г.) [источник: Википедия].

Первый томограф был установлен в больнице Atkinson Morley Hospital, в Уимблдоне (Великобритания); был предназначен исключительно для исследований головного мозга. Постепенно создавались сканеры позволяющие исследовать любую часть тела.

В то время геологи договаривались единственным учреждением в городе, которое обеспечивало доступ к такой современной технологии (СТ). Часто ночью, стараясь не возбудить заинтересования, в стерильные объекты больничного сканирующего оборудования ввозили буровые стержни, для их отображения и анализа [Кайзер и др. 2006].

Потребовалось совсем немного времени, чтобы лица, не принадлежащие к медицинскому кругу, заметили огромный потенциал технологии СТ для исследования разнообразных материй. В ранних 80 годах XX века были распознаны возможности использования СТ в различных областях науки, в частности и в геологии, а специалисты наук о Земле вскоре присоединились к рядам исследователей, которые искали всё более мелкие детали отображения внутренних структур различных предметов.

(„тени“) на детекторе, а также настраивать перед измерением нужного фрагмента.

Принцип действия

Принцип действия микротомографической системы состоит из трёх этапов; схематически представлен на рис. 2.

Первый этап – это проведение измерения (красное поле). Во время запуска измерения рентгеновская лампа эмитирует пучок излучения X „просвечивая“ исследуемый образец, который бросает „тень“ на детектор принимающий и преобразовывающий рентгеновское излучение в цифровое изображение. Регистрируемое детектором излучение в разной степени абсорбируется (поглощается) исследуемым объектом. Чем больше плотность объекта, тем больше поглощается пучок излучения. Затем образец поворачивается под небольшим углом, после

в области оценки коллекторных пород рентгеновская томография (СТ) впервые была продемонстрирована Веллингтоном и Винегаром в 1987 г. [Веллингтон, Винегар, 1987]. С тех пор мировая нефтепромышленность использует метод СТ как эффективный инструмент для анализа образцов пород, обеспечивая неинвазивный метод осмотра буровых стержней и позволяя их характеризовать.

Первое устройство для **рентгеновской микротомографии (micro-СТ)** было представлено в 1998 г. Сасовым и Ван Дейком, а в геологию был внедрено Ван Гетом в 2000 г. [Ван Гет и др. 2000]. С того времени наблюдается молниеносное развитие этого метода.

В отечественной нефтепромышленности рентгеновская компьютерная микротомография впервые была представлена на международной научно-технической конференции GEOPETROL, организованной Институтом Нефти и Газа в 2008 году. На мастер-классах „Трёхмерная визуализация структуры порового пространства пород методом micro-СТ“ показаны некоторые применения micro-СТ в геологии, а также представлены первые результаты [GEOPETROL, 2008]. С этого момента систематически ведутся исследования с целью получения всё большего числа параметров внутренней поровой структуры пород, генерирования моделей поровых сетей по томографическим изображениям и разработки методов моделирования этой сети для предвидения свойства транспортных пород [GEOPETROL, 2010]. ИНИГ всё ещё остаётся пионером в исследованиях micro-СТ буровых стержней в стране.

чего берется и сохраняется в компьютере как новое отображаемое изображение. Этот процесс продолжается до момента, когда образец выполнит оборот на 360°. Тщательность измерения зависит от угла оборота образца и числа проекций, выполненных между очередными оборотами. Чем меньше угол оборота, тем большая точность изображения, но и более длительное время измерения. Этот вид изображения называется проекционным изображением или радиографическим изображением.

Второй этап – это реконструкция, которая состоит из получения изображений и позволяет перейти от проекций (проекционных изображений) к пространственному изображению исследуемого объекта, а также позволяет заглянуть во внутреннюю структуру исследуемого материала (голубое поле – рис. 2).

После перенесения данных в соответствующую программу (напр. AVIZO, ImageJ) можно рассматривать выгенерированные в любом направлении сечения образца (рис. 4).

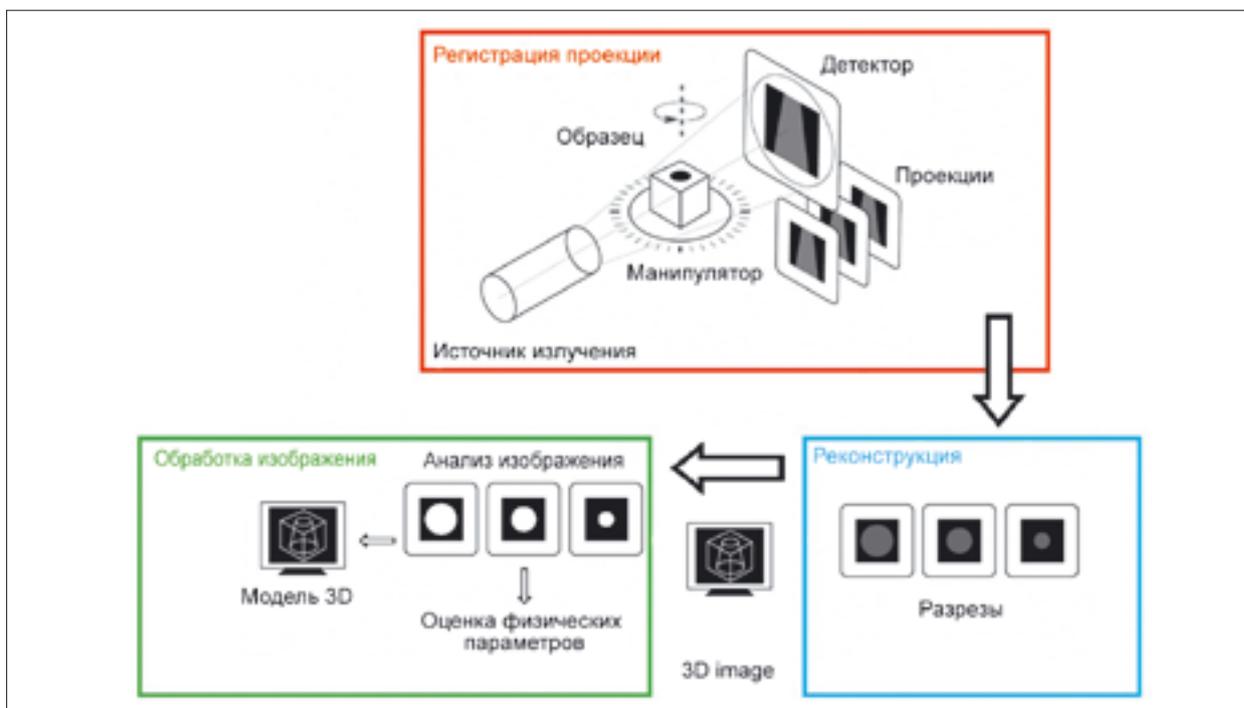


Рис. 2. Принцип действия рентгеновской компьютерной микротомографии

На воссозданных изображениях 2D каждое пятнышко, то есть пиксель, определяется по горизонтальной (x) и вертикальной (y) системе координат или по его цвету (каждый пиксель имеет приписанную свою „собственную“ яркость). Количество оттенков, которое может принимать пиксель, зависит от компьютера и количества битов на пиксель, которое он в состоянии преобразовать. Обычно эти значения, на восьмибитном изображении, выраженные в степенях серости, соответствуют оттенку серости лежащим в диапазоне от 0 до 255, где 0 соответствует черному, а 255 соответствует белому цвету. Количество пикселей, используемое для создания изображения, решает об его разрешении. В меру выбора всё большего количества пикселей, изображение можно отображать со всё большей точностью или разрешением [Кайзер и др., 2006].

Последним этапом является переработка и анализ пространственных микротомографических изображений (зелёное поле на рис. 2).

Использование micro-CT в исследованиях коллекторных пород

Исследования micro-CT на образцах пород проведенные в INIG

В геологии, рентгеновская компьютерная микротомография применяется, главным образом, для трёхмерной визуализации минералов и пород.

В объеме исследования образцов пород, техника micro-CT позволяет проводить количественные измерения внутренней структуры материала точным и неразрушающим методом, а прежде всего, позволяет точно измерить пространственную систему пор. Благодаря применению этого метода можно получить различного вида информацию о пористости: возможно измерение длины и количества каналов пор, прослеживание их соединений, визуализация и количественная оценка их извилистости и проходимости, наблюдение проникания воды или нефти в породу, анализирование степени заполнения скалестых пор различными агентами, рисование и анализирование процесса увлажнения.

Благодаря этому методу можно получить также достоверный анализ проницаемости (в трёх перпендикулярных направлениях), оценить герметичность и гидравлическую проводимость пород.

Результаты исследований micro-CT выдаются в виде трёхмерных изображений первичной структуры скелета, а также структуры пор всего образца породы. Затем из анализируемого образца выбираются подобразцы, для которых проводится обстоятельный, количественный анализ позволяющий определить число встречающихся в ней подтипов пор.

Определение пористости и расположения величины пор

К самым важным применениям рентгеновской компьютерной томографии принадлежит ис-

Таблица 1. Обозначения объёма классов пор

объем пора [voxel]	1-9	10-99	100-999	1000-9999	10000-99999	> 100000
объем пора [μ^3]	$2,10^2-2,10^3$	$2,10^3-2,10^4$	$2,10^4-2,10^5$	$2,10^5-2,10^6$	$2,10^6-2,10^7$	$>2,10^7$
цвет	желтый	синий	красный	зеленый	белый	фиолетовый

* 1 воксель – $216 \mu\text{m}^3$

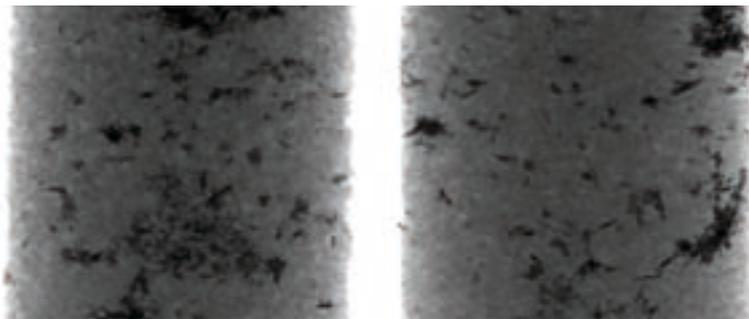


Рис. 3. Проекция (синограммы) песчаника

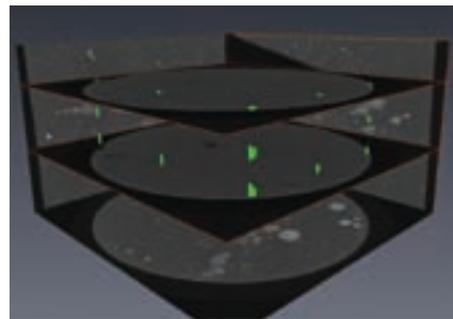


Рис. 4. Поперечные сечения внутренней структуры образца породы

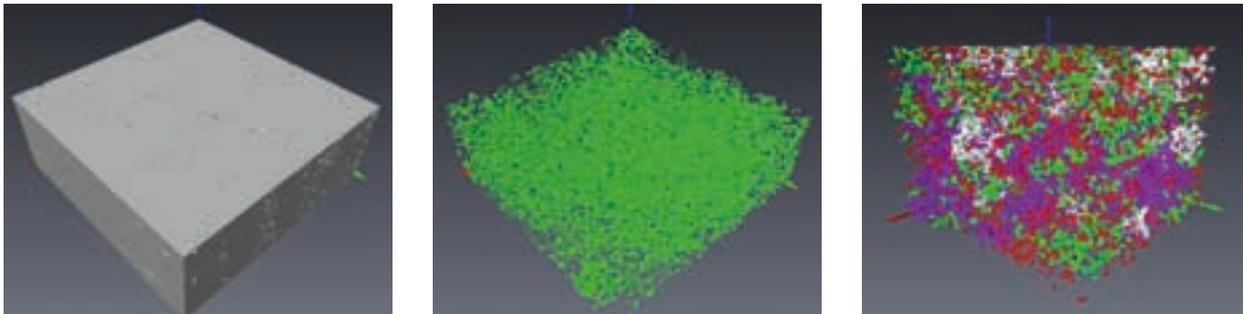


Рис. 5. Трёхмерная реконструкция и визуализация порового пространства всего образца : а – 3D скелет породы (без пор), б – выделенное 3D поровое пространство, с – дистрибуция 3D отдельных классов пор

следование пористости пород в виде оценки их коллекторных способностей и проходимости порового пространства обуславливающего миграцию агентов [напр. Ван Гет и др., 2000, 2003].

Непосредственным результатом работы микро-томографа являются проекции „изображений тени“ исследуемого предмета (рис. 3) видимого под разными углами, которые являются проекциями 3D объекта на матрицу 2D (рис. 4). Каждое такое изображение содержит информацию о редукции интенсивности излучения в середине трёхмерного объекта. После дальнейшей обработки этих данных, или реконструкции проекции, возможно получение пространственного изображения образца (рис. 5).

Интерпретация данных micro-CT включает качественный и количественный анализ на основании полученных изображений 3D. Сначала проводится пространственная визуализация первичной структуры всей породы, а затем проводится анализ расположения пористости, который базируется на разделении сети пор на подгруппы. Подгруппа – это группа пор соединенных между собой, но не соединенных с другими подгруппами. Подгруппы делятся на классы по объёму. В каждом из образцов выделяются шесть самых больших по объёму подтипов пор (таб. 1). Результаты выдаются на диаграммах выполненных в двух версиях: первый – это диаграмма числа подгрупп в отдельных классах объёма, показывающий насколько сильно поделен данный класс;

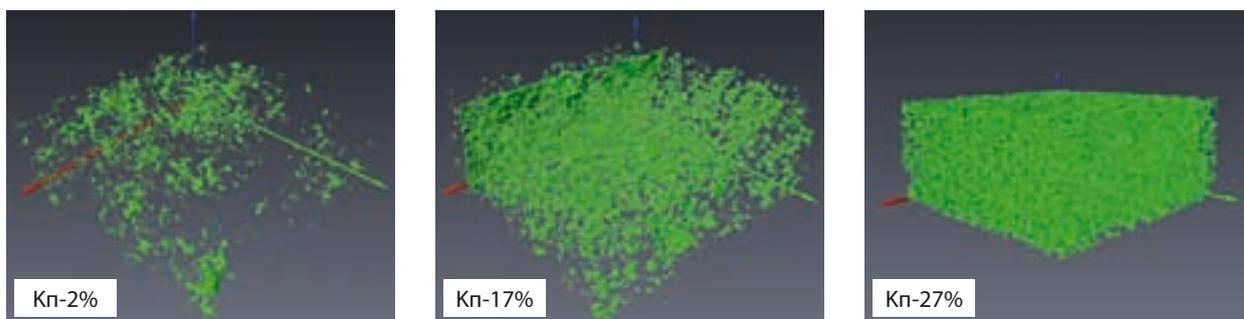
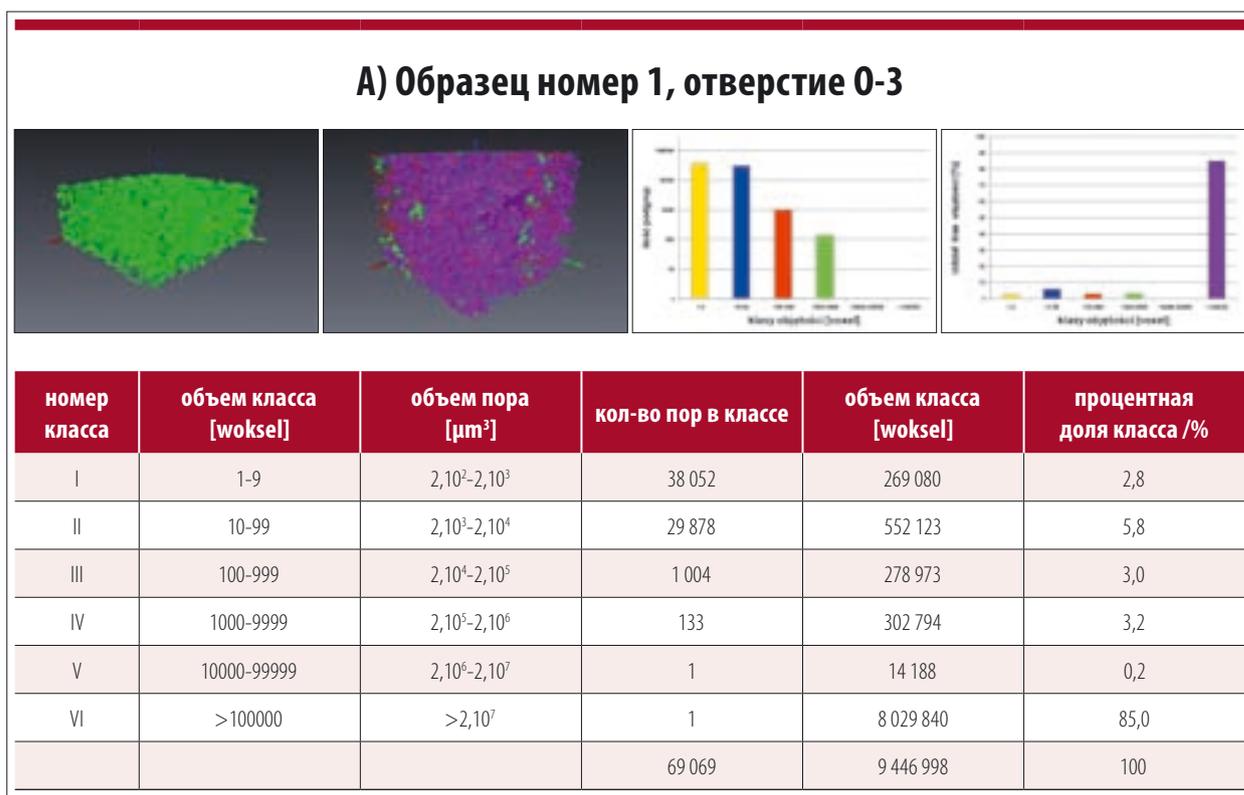


Рис. 6. Визуализация внутренней поровой структуры пород (зелёный цвет – пористость)



второй – диаграмма расположения классов объёма поровой сети.

На рис. 7 представлена примерная (стандартно проводимая в ИНиГ) микрофотографическая характеристика песчаников принадлежащих отложениям верхнего красного лежня предсудетского монолина, представляющих две разные депозиционные системы: эоловую (фации А) и озерную (фации Р).

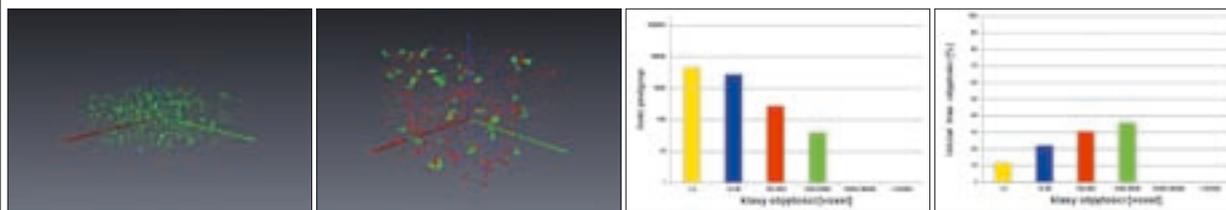
Измерение извилистости поровых каналов

Метод рентгеновской микротомографии позволяет на визуализацию и количественную оценку извилистости поровых каналов для всех соеди-

ненных пор имеющихся в образце. Трёхмерный характер micro-CT делает возможным измерение извилистости в трёх перпендикулярных направлениях относительно себя X, Y и Z, предоставляя информацию о потенциальной анизотропии в расположении порового пространства, а также возможных дорожках прохождения жидкости внутри коллекторных пород. Этот параметр учитывается только тогда, когда в анализируемом направлении встречаются соединения поровых каналов между двумя противоположными сторонами подобразца.

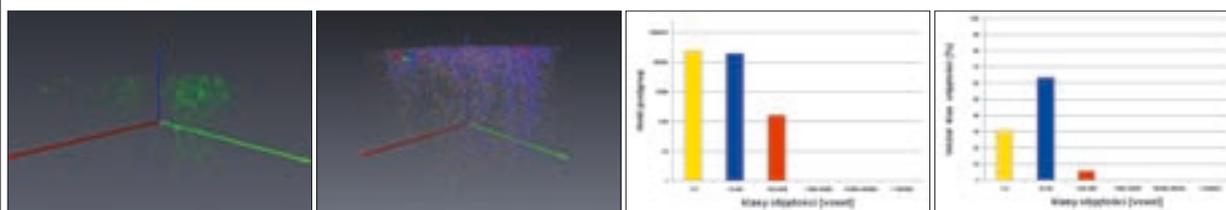
Исследования в объеме извилистости поровых каналов проведены для трёх образцов представленных на рис. 7 задавая этот параметр только

В) Образец номер 2, отверстие R-1



номер класса	объем класса [woksel]	объем пора [μm^3]	кол-во пор в классе	объем класса [woksel]	процентная доля класса /%
I	1-9	$2,10^2-2,10^3$	4 600	31 939	11,7
II	10-99	$2,10^3-2,10^4$	2 766	60 835	22,2
III	100-999	$2,10^4-2,10^5$	273	83 154	30,4
IV	1000-9999	$2,10^5-2,10^6$	39	97 952	35,8
V	10000-99999	$2,10^6-2,10^7$	0	0	0,0
VI	>100000	$>2,10^7$	0	0	0,0
			7 678	273 880	100

С) Образец номер 3, отверстие K-2



номер класса	объем класса [woksel]	объем пора [μm^3]	кол-во пор в классе	объем класса [woksel]	процентная доля класса /%
I	1-9	$2,10^2-2,10^3$	24 651	174 269	30,8
II	10-99	$2,10^3-2,10^4$	19 286	358 560	63,4
III	100-999	$2,10^4-2,10^5$	163	31 174	5,5
IV	1000-9999	$2,10^5-2,10^6$	1	1 124	0,2
V	10000-99999	$2,10^6-2,10^7$	0	0	0,0
VI	>100000	$>2,10^7$	0	0	0,0
			44 101	565 127	100

Рис. 7. Микротомографическая характеристика образцов с разной пористостью

Таблица 2. Результаты измерения геометрической извилистости поровых каналов методом micro-CT

Образец	Направление анализа извилистости	Абсолютное кол-во вокселей из тоннеля	Относительное кол-во вокселей из тоннеля	Средняя извилистость	Максимальная извилистость	Минимальная извилистость	Стандартное отклонение
1A	X	8 583	0,043	1,638	2,408	1,318	0,255
	Y	12 147	0,061	1,268	1,895	1,106	0,166
	Z	15 827	0,063	1,291	1,830	1,115	0,146
1B	X	986	0,005	1,568	1,841	1,467	0,078
	Y	11 536	0,058	1,296	1,628	1,101	0,137
	Z	16 254	0,065	1,353	2,370	1,113	0,205

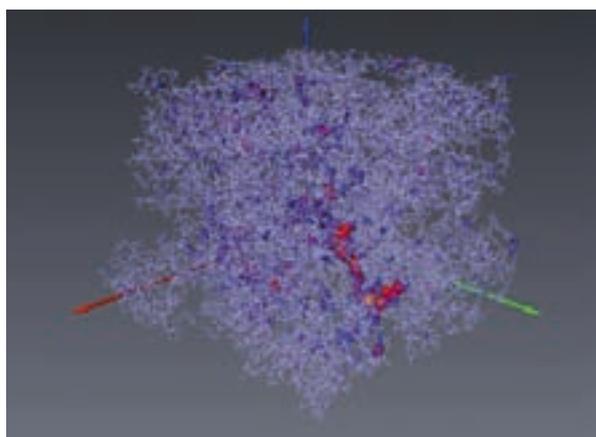
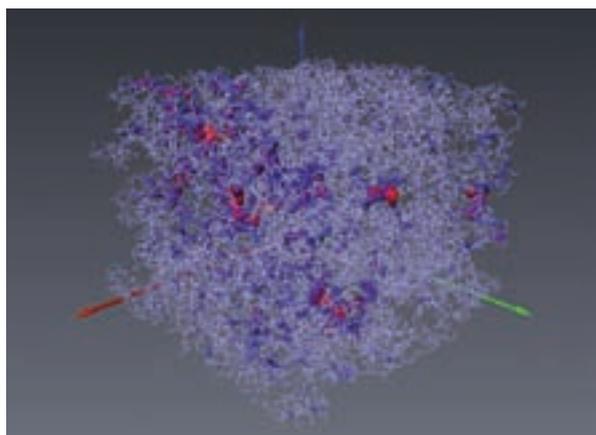


Рис. 8. Примерное изображение micro-CT всех соединенных путей прохождения жидкости в образце 1A и 1B

ось X – красный цвет
 ось Y – зелёный цвет
 ось C – синий цвет

для образца 1, что представлено в таб. 2. На рис. 8 показана визуализация скелета партий пор принадлежащих VI классу объёма, с обозначением расположения оси пролегающей через геометрический центр данного пора, где цвет и ширина линии отображает ширину системы пор в данном месте. Синим цветом обозначены узкие поры, а красным и жёлтым цветами – поры большого диаметра. Величины коэффициента извилистости распределяются сходно в обоих образцах, что свидетельствует о приближенном дифференцировании соединенных путей прохождения жидкости в поровом пространстве всего образца. Тем не менее соединения каналов в подобразце 1B немного хуже чем в подобразце 1A. Средняя извилистость путей прохождения для образца 1A составляла в направлении X-1,68; Y-1,27; C-1,29, а для образца 1B была равной в направлении X-1,57; Y-1,30; C-1,35.

Остальные два образца (2 и 3) показали отсутствие соединений позволяющих агентам прохождения в любом из направлений X, Y, C [Залевская и др., 2010].

Визуализация и оценка величины расщелин методом micro-CT

Исследования micro-CT позволяют визуализировать, оценивать и характеризовать трещины. Рис. 9 иллюстрирует сечение через расщелину образца представляющего перекристаллизованный известняк, где замечена система очень узких, взаимно пересекающихся расщелин, из которых наиболее заметная имеет переменную ширину от 10,50 μm до 12,36 μm и угол раствора 1,760 [Залевская и др., 2010].

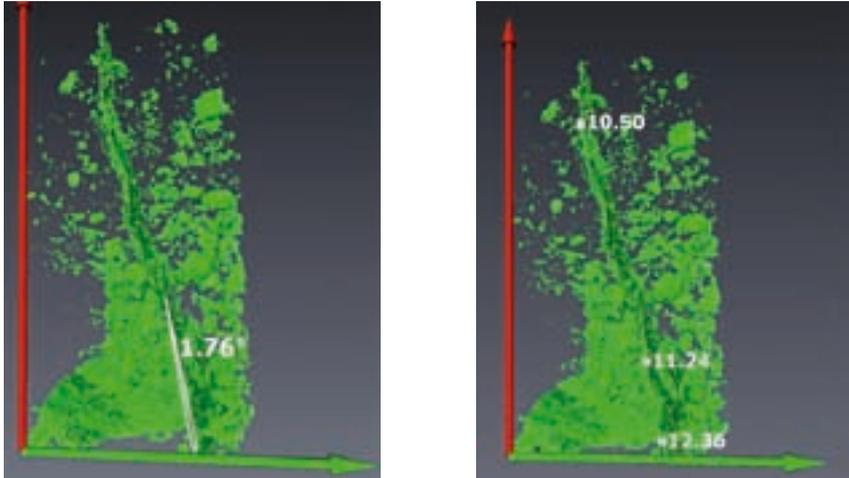


Рис. 9. Микротомографическое изображение сечения через расщелину образца 9433:

ось X – красный цвет
ось Y – зелёный цвет
ось C – синий цвет

Другие возможности использования рентгеновской микротомографии в нефтепромышленности

Оценка червеобразных каналов вызванных солянокислотной обработкой образцов карбонатных пород

Проведенные в Институте Нефти и Газа исследования оценки червеобразных каналов вызванных солянокислотной обработкой образцов карбонатных пород позволило провести ряд наблюдений в объёме эффективности действия кислоты, в частности на трёхмерных изображениях представленных в виде фильмов. Анимации, созданные на основе данных генерируемых сканером micro-CT с использованием современных (3D) пакетов для обработки изображений, оказались исключительно полезными для наблюдения за изменением происходящих внутри зерна после нагнетания кислоты.

На рис. 10 представлено сравнение сечений внутренней структуры образца перед и после нагнетания кислоты.

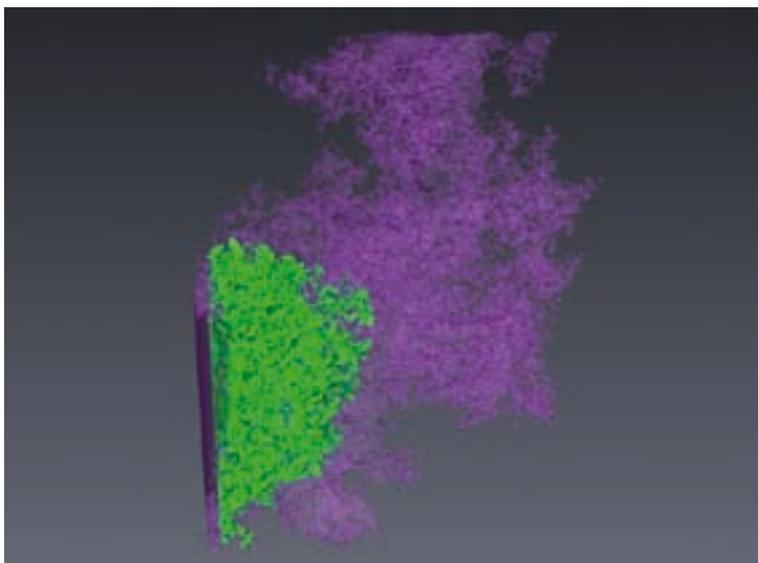
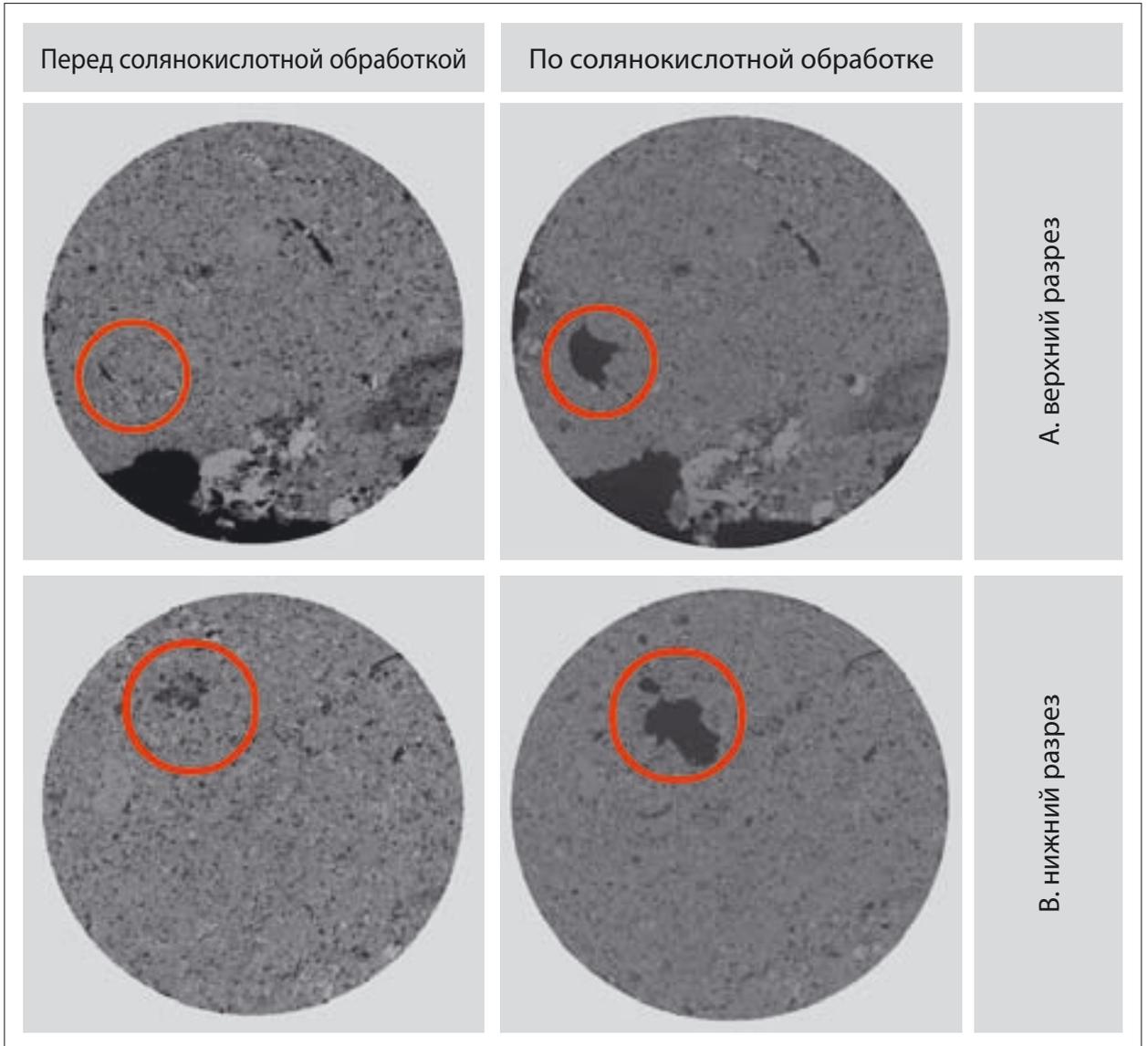
Из рис. 10 иллюстрирующего размещение червеобразного канала внутри зернового образца следует, что после солянокислотной обработки наступил явный рост площади пор – отмеченных чёрным цветом в красной обводке. Червеобразный канал, видимый на всех изображениях с правой стороны, полностью сформирован. Внутренняя часть образовавшегося канала невозможна для представления в форме „рисунка на бумаге“, но её можно проследить в виде трёхмерного фильма на веб-сайте Предприятия буровой геофизики ИНИГ по адресу <http://www.inig.pl/ZD/images/sw/video/sw-microCT.html>

На рис. 11 представлено развитие порового пространства в виде 3D, сравнивая два предельных подтипа структуры пор для каждого образца перед и после солянокислотной обработки. В образце произошёл очень явный рост самого большого объекта VI класса объёма. Состояние перед солянокислотной обработкой обозначено зелёным цветом, после этого процесса – полупрозрачным фиолетовым.

Восстановленная внутренняя структура сети пор породы представлена в виде гистограмм (рис. 12), из которых следует, что число отдельных классов объёма перед и по процедуре сохранилось на похожем уровне. Незначительно уменьшилось количество пор с объёмом классов I и II, возросло количество пор принадлежащих классам III-V, а количество пор VI класса осталось на том же самом уровне. Но зато диаграммы представляющие процентную долю отдельных классов объёма показывают увеличение доли класса VI на 30%.

Был проведен анализ соединений поровой сети. Из анализа параметра извилистости поровой структуры следует, что образец перед солянокислотной обработкой не имел соединений в никаком из анализируемых направлений (X, Y, Z), для каналов пор диаметром ниже расширения измерения (20 μm). По солянокислотной обработке образовался червеобразный канал, который создал соединения по направлению оси Z. Средняя извилистость образовавшегося канала составляет 1,17 – его ход незначительно отклоняется от прямой линии.

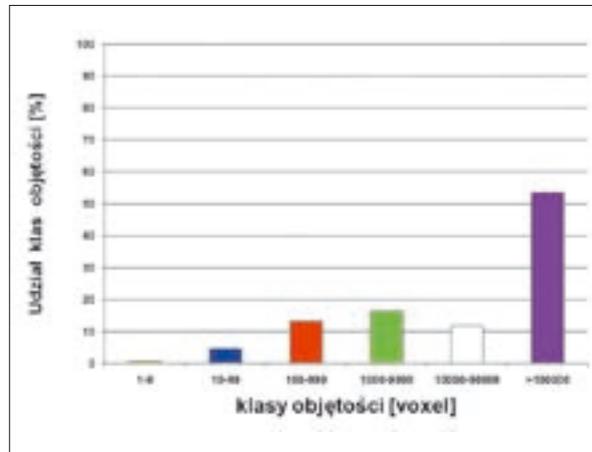
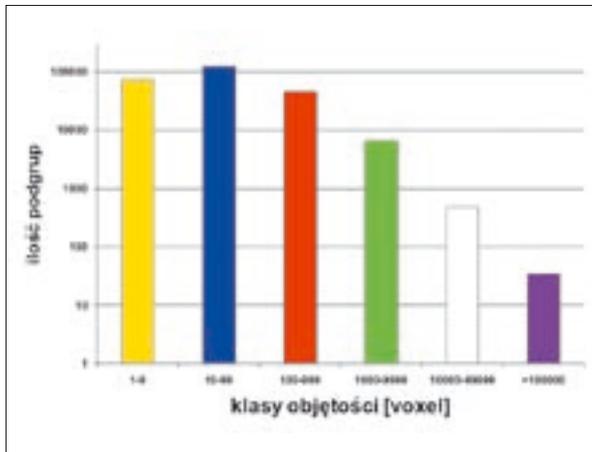
Первое, экспериментальное исследование micro-CT позволило провести ряд наблюдений в объёме эффективности действия кислоты, в частности на трёхмерных изображениях представленных в виде фильмов. Анимации, созданные на основе данных генерируемых сканером micro-CT с использованием современных (3D) пакетов для обработки изображений, оказались исключительно полезными для



▲ Рис. 10. Изображения сечений 2D кернового образца перед началом нагнетания кислоты (с левой стороны) и по окончании этого процесса (с правой стороны)

◀ Рис. 11. Пространственная визуализация изменений объёма поровой структуры образца: зелёный цвет – перед солянокислотной обработкой, фиолетовый цвет – после солянокислотной обработки

Перед солянокислотной обработкой



После солянокислотной обработки

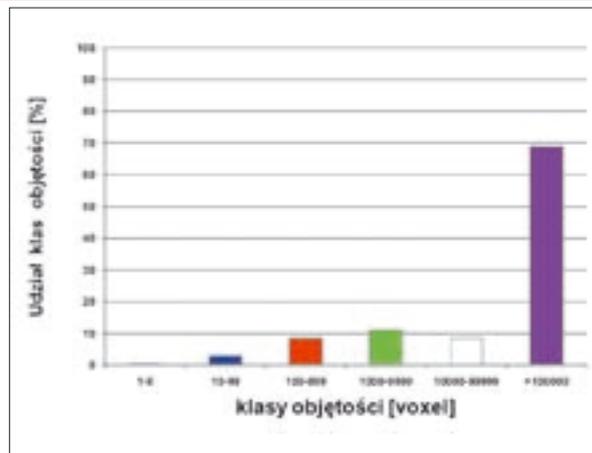
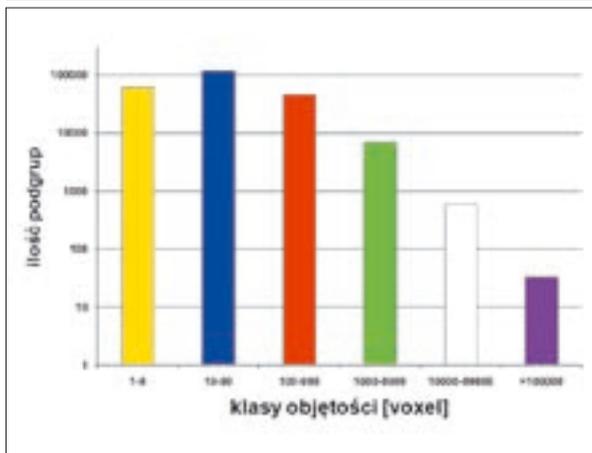


Рис. 12. Гистограммы количественной и процентной доли отдельных классов объёма для исследуемого образца перед и после солянокислотной обработки

наблюдения за изменением происходящих внутри зерна после нагнетания кислоты.

Следует подчеркнуть, что до настоящего времени не было метода, мониторирующего распространение кислоты в поровом пространстве породных образцов. Внедрение метода micro-CT сделало возможным проводить такие исследовательские работы, а также позволило верифицировать теоретические вычисления и цифровую симуляцию в виде исследований эффективности солянокислотной обработки [Залевска и др., 2010].

Исследования структуры цементных камней

Сигналом новых исследовательских возможностей INIG являются представленные ниже результаты измерений микроструктуры цементов различного возраста (от 20 минут до 28 дней с момента приго-

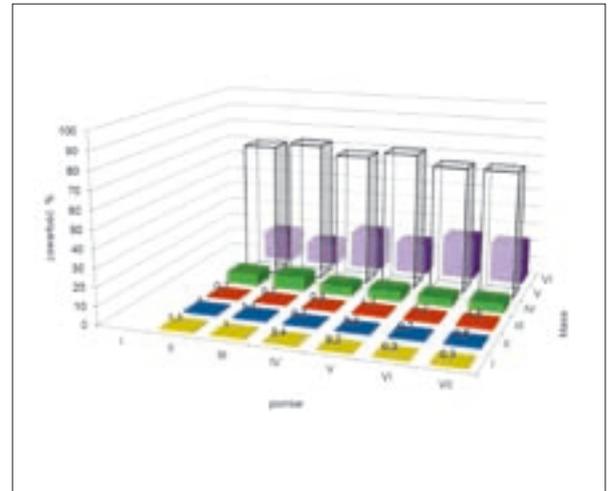
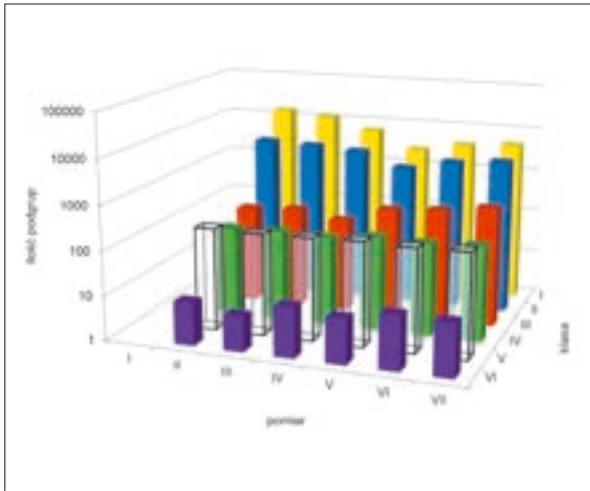
товления раствора) проведенные методом micro-CT. При помощи применения этой техники отображена поровая структура трёх различных типов цемента и произведено разделение порового пространства на классы объёма, что проиллюстрировано на рис. 13.

Анализируя результаты, полученные для образца цемента 2, отмечено хорошее соотношение между долей объёма класса VI и классов III-V (рис. 13), что следует из разделения крупнейших пор на меньшие во время набухания цемента (рис. 14). Этот вывод находит отражение в увеличении количества пор принадлежащих классам III-VI вместе со временем. Одновременно с уменьшением доли объёма класса VI растёт также геометрическая извилистость каналов внутри образца (с 1,2 к 2,2) [Залевска и др. 2010].

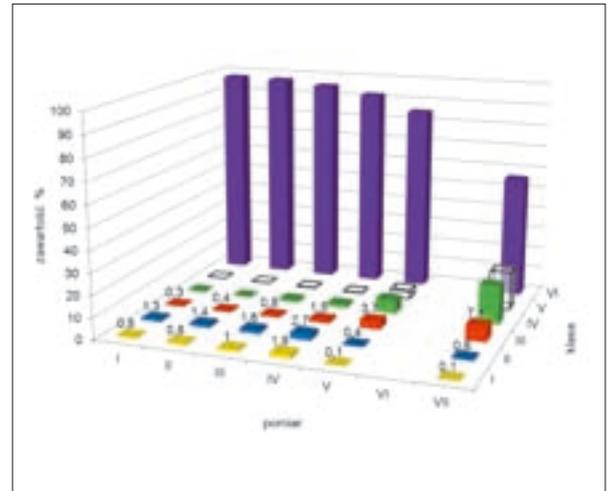
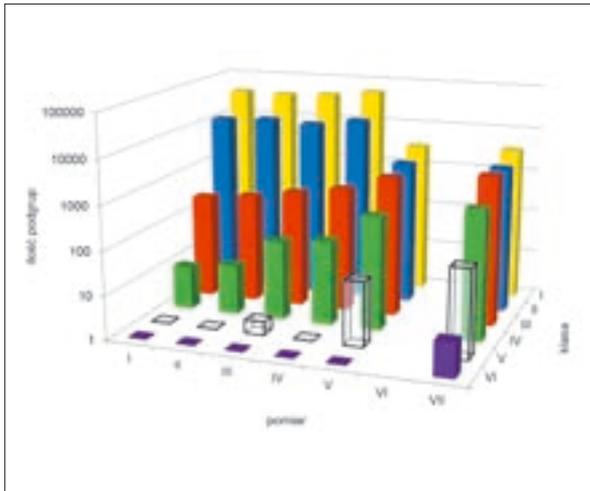
В Институте Нефти и Газа, для нефтепромышленных целей, проведены лабораторные измерения буровых кернов для определения петрофизических свойств в аспекте их коллекторных свойств и про-

A

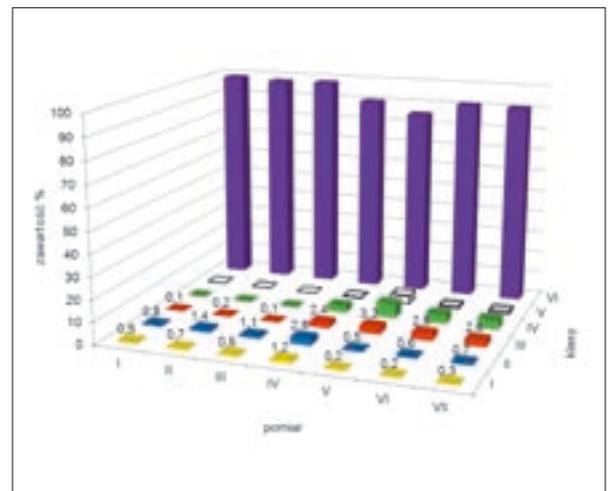
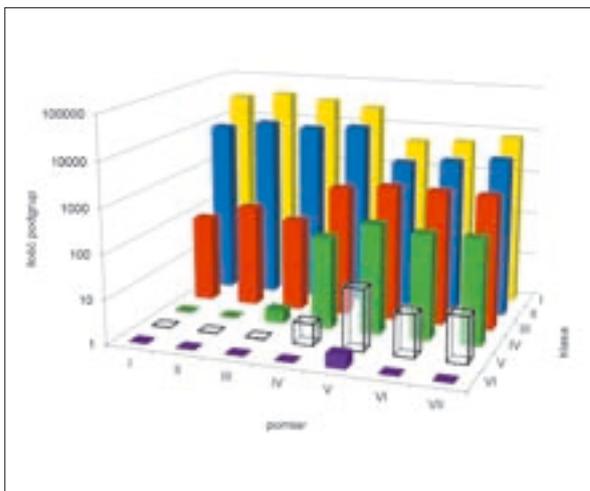
B



Цемент 1 (базовый)



Цемент 2 (20% микросфер)



Цемент 3 (10% микросфер)

Рис. 13. Классификация пор исследуемых цементов – (A) количество, (B) процентная доля

после 7 дней

после 28 дней

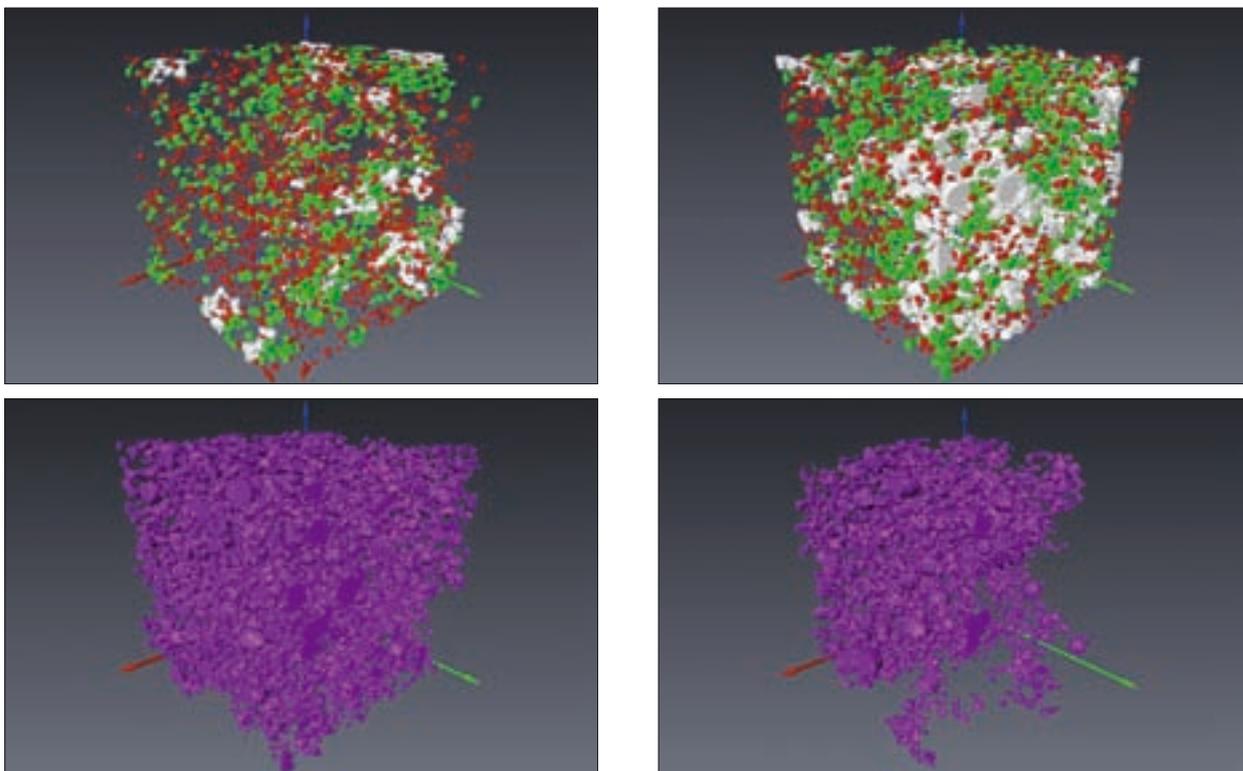


Рис. 14с. Пространственное расположение пор в образце цемента 2

ходимости порового пространства, обуславливающей миграцию агентов на месторождении.

До настоящего времени классические коллекторные породы, с дифференцированной структурой и текстурой, а также разным вяжущим веществом и насыщением порового пространства, анализировались методом микроскопных исследований тонких пластинок в поляризованном свете. Теперь можно „заглянуть внутрь породы“ применяя рентгеновскую микротомографию. Этот метод предоставляет уникальный и новаторский подход для получения физически реалистических изображений коллекторных пород неразрушающим способом и с микрометрическим разрешением. Позволяет проводить качественную и количественную оценку распределения пористости с учетом канальных соединений между ними, а также выделять и характеризовать трещины. Такие исследования позволяют анализировать параметры поровой сети пород в широком исследовательском масштабе, и, более того, базируются не на единичном, а среднем измерении пористости.

Основным преимуществом *micro-CT*, по сравнению с микроскопным методом, является отображение трещин в трёхмерном пространстве и документирование этих изображений с особым учетом хода трещин в образце, а также возможность определения их изменений и раскрытия. Кроме того, можно

также измерять процентную долю объёма трещин в образце породы, а самое главное – в любом месте произвести точное измерение ширины трещин. Это имеет первостепенное значение, когда мы имеем дело с коллекторными породами с низкой пористостью и небольшой проницаемостью, где величина добычи углеводородов зависит преимущественно от количества раскрытых трещин. Эти исследования могут иметь также существенное значение в анализе систем трещиноватости в газоносных сланцевых породах.

Метод рентгеновской микротомографии является уникальным и интересным исследовательским методом, но, несмотря на огромный потенциал, ещё широко не известен и редко применяется в отечественной нефтепромышленности. Мы надеемся, что представление возможностей этого метода, а также информация, содержащаяся в публикации, приблизят тематику анализа изображений 3D в аспекте оценки петрофизических свойств пород, геологам занимающимся поиском и эксплуатацией месторождений углеводородов.

*Авторы являются научными сотрудниками
Института Нефти и Газа в Кракове*

Литературные примеры применений рентгеновской микротомографии в нефтепромышленности

Расчёт пружинистых свойств на основании микротомографических изображений

Arns et al. [2002] первым показал, что возможно определение пружинистых свойств непосредственно по выгенерированным микротомографическим изображениям, что проиллюстрировал на примере образцов песчаника Фонтенбло. Полученные по цифровым изображениям буровых кернов пружинистые свойства отлично соответствовали со свойствами, полученными в экспериментальных измерениях в широком объёме пористости и в различных условиях насыщения, а наблюдаемые изменения этих свойств, связанные с подачей жидкости, соответствовали уравнениям Гассмана.

Оценка параметров электрических карбонатных пород на основании рентгеновской микротомографии

Youssef et al. [2008] сообщает, что цифровая симуляция петрофизических свойств в сложных карбонатных породах является трудной задачей, что особенно касается электрических свойств, для которых как величина, так и пространственное расположение микропористости играет очень существенную роль. Тем не менее, автор представляет методику симуляции электрических свойств с применением моделей поровой сети (PNM). По трёхмерным изображениям рентгеновской микротомографии карбонатных пород рассчитывает параметр пористости и коэффициент удельного электрического сопротивления, а полученные результаты сравнивает с экспериментальными значениями, получая положительные результаты.

Литература

- Arns, C.H., Knackstedt, M.A., Pinczewski, W.V., Garboczi, E.J. 2002. Computation of linear elastic properties from microtomographic images: methodology and agreement between theory and experiment. *Geophysics*. v. 67, p. 1396-1405.
- Hounsfield G.N. 1972. A Method of and Apparatus for Examination of a Body by Radiation such as X- or Gamma Radiation. British Patent No. 1,283,915.
- Hounsfield G.N. 1973. Computerized transverse axial scanning (tomography). Part 1: Description of system. *British Journal of Radiology*, 46, 1016-22.
- Kayser A., Knackstedt M., Ziauddin M. 2006 A closer look at pore geometry. *Oilfield Review*, v. 18, no. 1, p. 4-13.
- Van Geet, M., Swennen, R., Wevers, M. 2000. Quantitative analysis of reservoir rocks by microfocus X-ray computerised tomography. *Sedimentary Geology*, 132, 25-36.
- Van Geet M., Lagrou D., Swennen R. 2003. Porosity measurements of sedimentary rocks by means of microfocus X-ray computed tomography (μ CT). Geological Society, London, Special Publications 2003 volume 215: 51-60.
- Wellington S.L. Vinegar H.J. X-ray Computerized Tomography. *Journal of Petroleum Technology*, 39, p. 885-898, 1987.
- Youssef S., Han M., Bauer D., Rosenberg E., Bekri S., Fleury M., Vizika O. 2008—High resolution μ -CT combined to numerical models to assess electrical properties of bimodal carbonates. SCA2008-37, Конференция GEOPETROL 2008.
- Zalewska J., Dohnalik M. Niektóre zastosowania rentgenowskiej tomografii komputerowej w geologii. GEOPETROL 2008
- Dohnalik M., Zalewska J. Rentgenowska tomografia komputerowa w badaniu skał zbiornikowych. GEOPETROL 2008.
- Sikora G., Zalewska J., Dohnalik M. Możliwości rentgenowskiej miktrotomografii komputerowej w rozpoznawaniu, obrazowaniu i szacowaniu wielkości szczelin. GEOPETROL 2008, Конференция GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Dohnalik M., Poszytek A. Mikrostruktura przestrzeni porowej piaskowców eolicznych określona metodą analizy trójwymiarowych obrazów micro-CT. GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Kaczmarczyk J., Dohnalik M., Cebulski D., Poszytek A. Zastosowanie miktrotomografii rentgenowskiej do oceny własności zbiornikowych skał węglanowych. GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Łykowska G., Kaczmarczyk J. Obraz 3D miktrotomografii rentgenowskiej skał węglanowych. GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Kaczmarczyk J., Dohnalik M. Ocena przestrzeni porowej skał węglanowych w oparciu o dane miktrotomografii rentgenowskiej (micro-CT) i jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR). GEOPETROL 2010.
- Kaczmarczyk J., Dohnalik M., Zalewska J. Symulacja przepływu mediów złożowych przez przestrzeń porową skał węglanowych na podstawie obrazów miktrotomograficznych. GEOPETROL 2010.
- Dohnalik M., Kaczmarczyk J., Zalewska J. Ekstrakcja parametrów geometrycznych sieci porowej z obrazów miktrotomografii rentgenowskiej. GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Kut Ł., Kaczmarczyk J., Dohnalik M. Eksperymentalne badania 3D cementów z zastosowaniem miktrotomografii rentgenowskiej (micro-CT). GEOPETROL 2010.
- Zalewska J., Dohnalik M., Kaczmarczyk J., Masłowski M., Biały E. Ocena kanałków robaczkowych w rdzeniach skał węglanowych z wykorzystaniem miktrotomografii rentgenowskiej. GEOPETROL 2010.

Мировое потребление нефти в млн, тонн

	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	измене- ние 2011 по отно- шению 2010	2011 доля полного потреб- ления
Соединённые Штаты	552,1	730,6	735,3	755,4	884,1	849,9	833,6	-1,9%	20,5%
Канада	53,8	73,5	84,2	75,3	90,5	102,7	103,1	0,4%	2,5%
Мексика	14,2	20,7	54,0	74,0	86,6	88,5	89,7	1,3%	2,2%
Северная Америка вместе	620,2	824,9	873,5	904,7	1061,2	1041,1	1026,4	-1,4%	25,3%
Аргентина	22,1	23,5	22,4	20,2	19,5	25,9	28,1	8,2%	0,7%
Бразилия	14,9	28,0	52,8	64,9	92,7	118,0	120,7	2,3%	3,0%
Чили	3,3	5,2	5,1	6,8	10,5	14,8	15,2	2,8%	0,4%
Колумбия	3,9	5,5	7,5	9,6	10,2	11,4	11,7	2,4%	0,3%
Эквадор	0,7	1,2	3,3	4,7	6,3	10,3	10,5	2,6%	0,3%
Перу	3,6	4,7	6,7	5,4	7,0	8,5	9,2	9,0%	0,2%
Тринидад и Тобаго	2,0	2,3	1,7	1,2	1,3	1,7	1,7	-3,5%	^
Венесуэла	9,3	10,6	21,1	18,8	28,8	36,9	38,3	3,8%	0,9%
Остальные страны Центральной и Южной Америки	21,5	28,6	39,0	39,6	54,6	53,5	53,7	0,4%	1,3%
Центральная и Южная Америка вместе	81,3	109,6	159,6	171,1	231,0	281,0	289,1	2,9%	7,1%
Австрия	5,6	10,2	11,0	11,6	12,8	12,9	12,5	-3,6%	0,3%
Азербайджан	b/d	b/d	b/d	8,2	4,0	3,2	3,6	11,9%	0,1%
Белоруссия	b/d	b/d	b/d	24,1	7,3	7,3	9,0	22,8%	0,2%
Бельгия и Люксембург	-	26,9	23,4	25,8	31,0	33,5	33,7	0,7%	0,8%
Болгария	3,7	9,9	12,5	4,2	4,2	3,8	3,5	-6,4%	0,1%
Чехия	4,0	7,7	11,4	7,1	8,4	9,1	9,1	-0,5%	0,2%
Дания	10,2	18,4	12,8	9,1	9,8	8,4	8,3	-1,7%	0,2%
Финляндия	5,7	11,1	12,3	10,6	10,5	10,4	10,5	0,9%	0,3%
Франция	53,9	102,8	99,0	94,6	95,5	84,4	82,9	-1,7%	2,0%
Германия	86,3	144,0	133,4	133,1	131,6	115,4	111,5	-3,3%	2,7%
Греция	4,4	7,4	11,9	15,8	20,2	18,7	17,2	-7,9%	0,4%
Венгрия	3,8	6,7	10,8	8,0	6,7	6,7	6,5	-3,1%	0,2%
Ирландия	2,4	4,5	5,1	4,9	9,0	7,6	6,8	-10,4%	0,2%

Мировое потребление нефти в млн, тонн

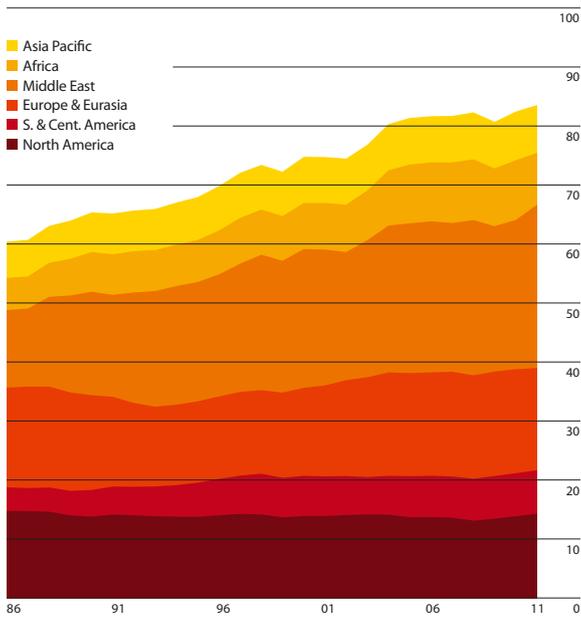
	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	измене- ние 2011 по отно- шению 2010	2011 доля полного потреб- ления
Италия	52,3	93,8	95,7	92,4	92,8	73,1	71,1	-2,7%	1,8%
Казахстан	b/d	b/d	b/d	21,7	7,7	9,5	10,2	7,6%	0,3%
Литва	b/d	b/d	b/d	8,3	2,7	2,7	2,7	0,8%	0,1%
Голландия	25,3	36,0	36,2	36,6	44,6	49,9	50,1	0,3%	1,2%
Норвегия	5,1	8,1	8,7	8,6	10,2	10,8	11,1	3,5%	0,3%
Польша	5,4	9,4	16,1	14,9	19,5	26,7	26,3	-1,5%	0,6%
Португалия	2,7	5,4	8,8	11,5	15,8	12,5	11,6	-7,3%	0,3%
Румыния	7,1	10,9	16,7	15,6	10,6	8,7	9,0	4,4%	0,2%
Россия	b/d	b/d	b/d	245,3	120,5	128,9	136,0	5,5%	3,4%
Словакия	2,3	4,4	6,6	4,4	3,2	3,9	3,7	-5,3%	0,1%
Испания	14,2	30,9	50,4	46,9	73,0	72,1	69,5	-3,7%	1,7%
Швеция	18,9	27,5	22,4	16,4	16,2	15,3	14,5	-5,3%	0,4%
Швейцария	8,0	13,3	11,9	13,0	13,1	11,4	11,0	-3,0%	0,3%
Турция	5,0	9,0	15,4	22,0	29,7	30,2	32,0	5,8%	0,8%
Туркмения	b/d	b/d	b/d	5,2	3,8	4,8	4,9	3,9%	0,1%
Украина	b/d	b/d	b/d	58,1	13,5	13,0	12,9	-0,8%	0,3%
Великобритания	74,2	104,3	74,7	82,5	78,4	73,5	71,6	-2,6%	1,8%
Узбекистан	b/d	b/d	b/d	11,2	6,7	4,3	4,4	0,7%	0,1%
Остальные страны Европы и Евразии	173,6	272,5	442,0	36,6	25,5	30,4	30,3	-0,4%	0,7%
Европа и Евразия вместе	574,3	975,0	1149,1	1108,4	938,4	903,1	898,2	-0,6%	22,1%
Иран	10,0	18,9	29,0	52,5	65,8	89,8	87,0	-3,1%	2,1%
Израиль	4,1	5,3	8,1	9,0	12,5	11,2	11,1	-0,8%	0,3%
Кувейт	5,2	4,3	5,8	3,7	12,2	19,0	19,0	0,2%	0,5%
Катар	^	0,1	0,8	1,5	2,4	7,4	8,0	8,3%	0,2%
Саудовская Аравия	19,6	20,6	35,9	57,9	74,7	123,2	127,8	3,7%	3,1%
Объединённые Арабские Эмираты	^	0,1	5,6	19,2	19,7	28,9	30,5	5,6%	0,8%
Остальные страны Ближнего Востока	8,8	12,6	26,0	38,1	61,5	84,7	87,5	3,2%	2,2%

Мировое потребление нефти в млн, тонн

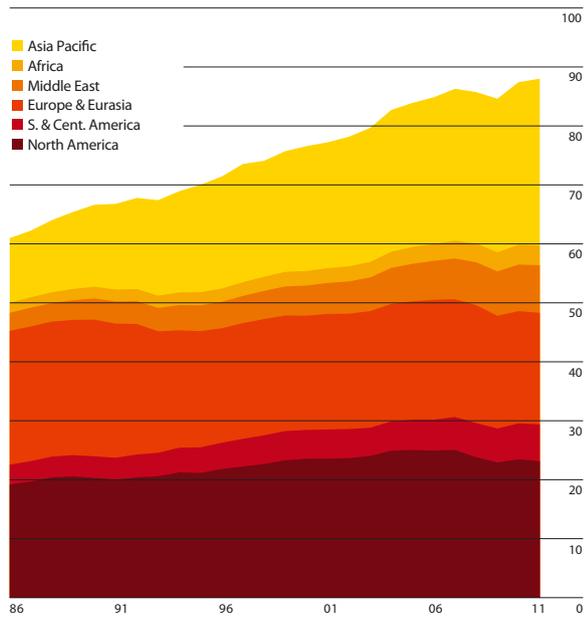
	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	измене- ние 2011 по отно- шению 2010	2011 доля полного потреб- ления
Ближний Восток вместе	47,7	62,0	111,1	181,9	248,8	364,3	371,0	1,8%	9,1%
Алжир	1,3	2,3	5,9	9,1	8,8	14,8	15,6	5,3%	0,4%
Египет	6,9	6,3	15,2	23,4	26,1	36,3	33,7	-7,2%	0,8%
Южная Африка	5,6	9,4	13,0	16,7	22,5	26,1	26,2	^	0,6%
Остальные страны Африки	12,0	19,0	38,7	48,6	62,4	83,4	82,9	-0,6%	2,0%
Африка вместе	25,8	37,0	72,7	97,8	119,7	160,6	158,3	-1,4%	3,9%
Австралия	16,9	25,8	29,2	30,8	38,1	43,4	45,9	5,7%	1,1%
Бангладеш	-	-	1,6	1,7	3,9	4,9	5,0	2,2%	0,1%
Китай	11,0	38,4	81,1	121,9	228,4	437,7	461,8	5,5%	11,4%
Гонконг	2,1	4,1	6,9	6,3	11,8	17,9	18,1	1,0%	0,4%
Индия	12,6	20,5	34,0	58,9	107,0	156,2	162,3	3,9%	4,0%
Индонезия	6,1	7,0	21,1	33,6	54,1	65,2	64,4	-1,1%	1,6%
Япония	87,9	219,8	223,8	251,8	247,3	200,3	201,4	0,5%	5,0%
Малайзия	2,0	3,1	8,4	13,9	22,0	26,7	26,9	0,7%	0,7%
Новая Зеландия	2,7	4,1	3,9	4,8	6,1	7,0	6,9	-1,5%	0,2%
Пакистан	3,8	4,3	5,4	11,4	18,3	20,5	20,4	-0,2%	0,5%
Филиппины	4,2	8,3	10,2	11,1	16,5	12,2	11,8	-3,6%	0,3%
Сингапур	3,8	6,6	10,9	23,7	36,4	60,5	62,5	3,3%	1,5%
Южная Корея	1,3	9,5	23,9	59,9	103,5	106,0	106,0	-0,1%	2,6%
Тайвань	2,2	7,5	18,0	29,3	44,2	46,3	42,8	-7,5%	1,1%
Таиланд	2,3	5,6	11,0	21,9	36,2	45,8	46,8	2,2%	1,2%
Вьетнам	1,5	5,1	1,7	2,8	9,0	15,1	16,5	8,9%	0,4%
Остальные страны Азии и Тихого океана	3,1	4,8	10,6	9,6	13,9	16,0	16,7	4,5%	0,4%
Азия и Тихий океан вместе	163,5	374,6	501,8	693,3	996,5	1281,7	1316,1	2,7%	32,4%
Мир вместе	1512,8	2383,0	2867,8	3157,2	3595,6	4031,9	4059,1	0,7%	100,0%

^ менее 0,05

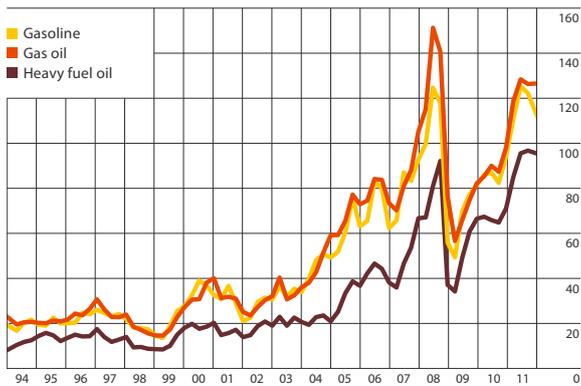
Производство нефти [млн баррелей в день]



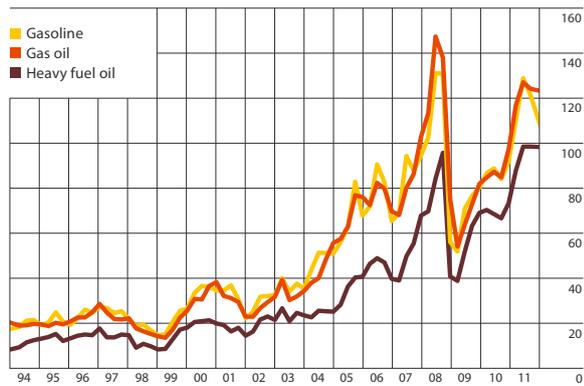
Потребление нефти [млн баррелей в день]



Цены продуктов в Роттердаме [USD за баррель]

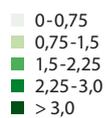
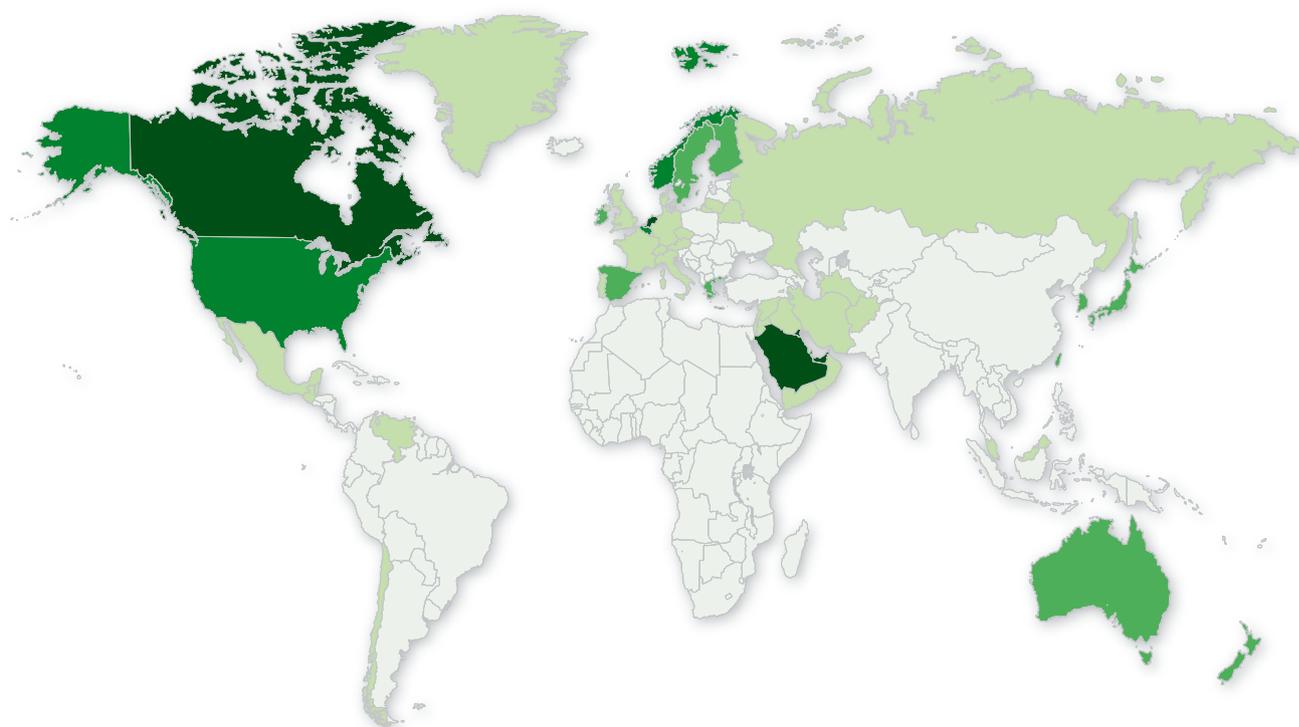


Цены продуктов в US Gulf Coast [USD за баррель]



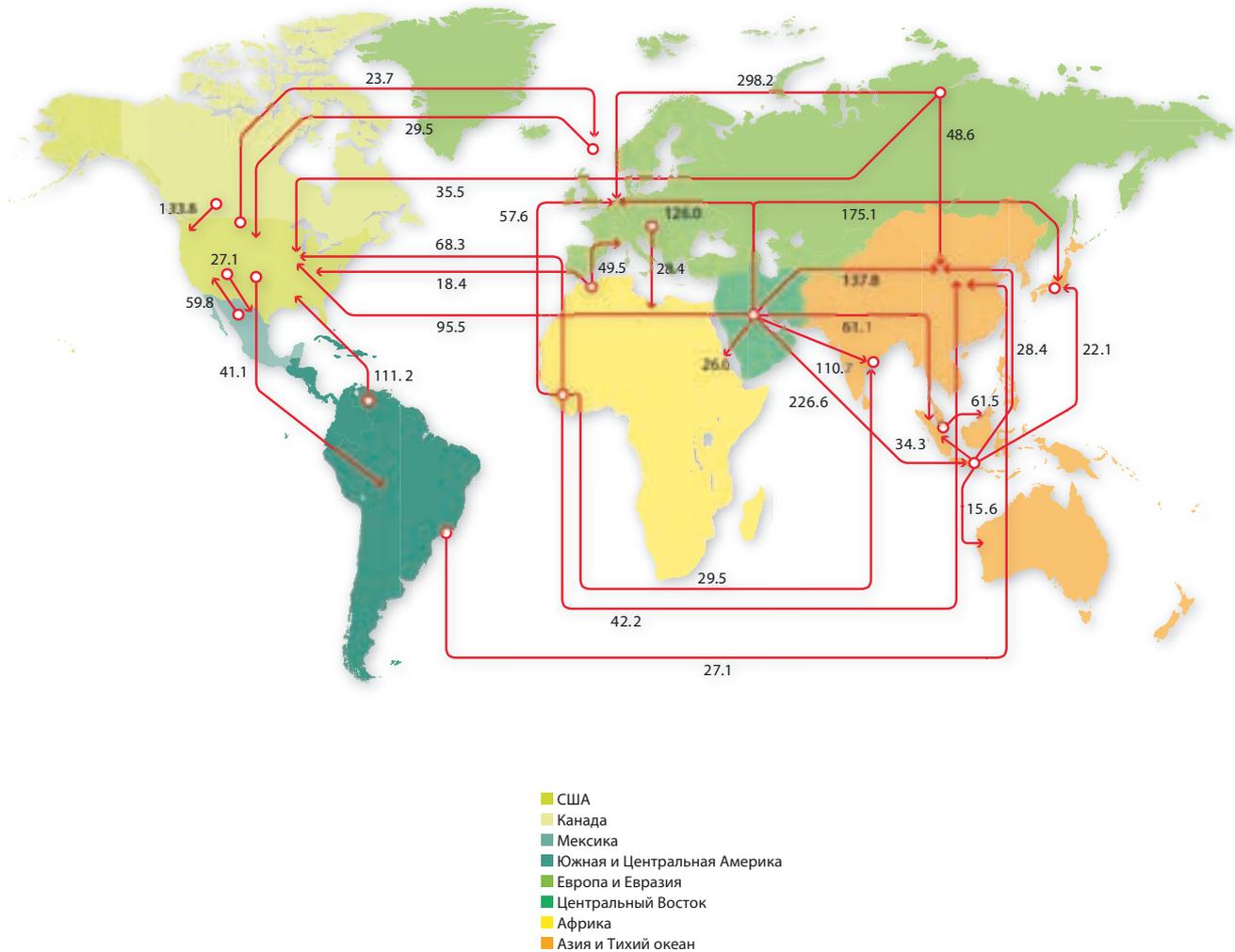
Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

Потребление нефти per capita в 2011 г. [тонны]



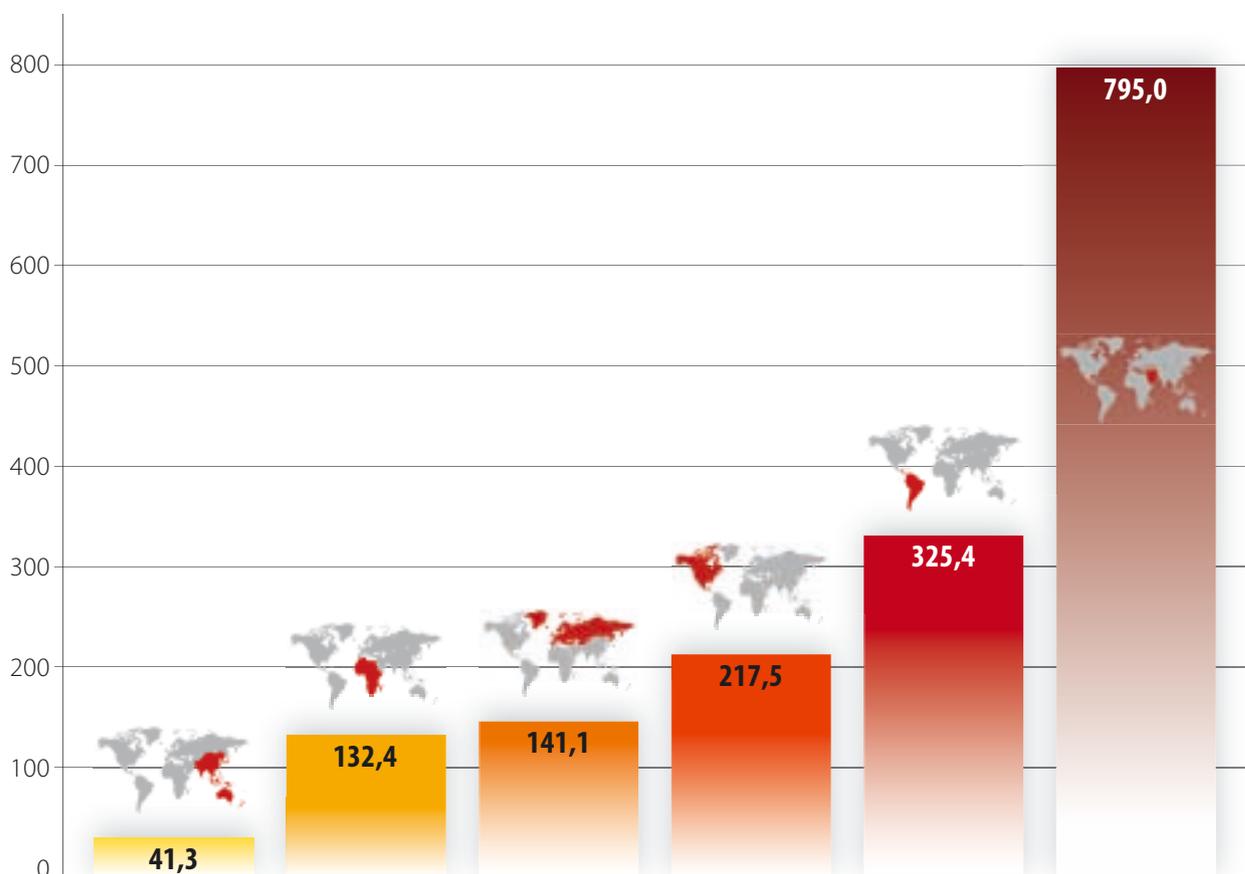
Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

Основные направления торговли нефтью в 2011 г. [млн. тонн]



Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

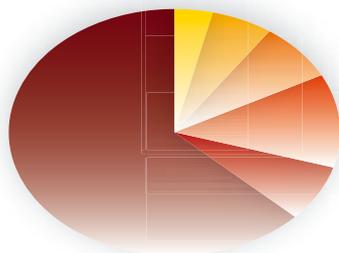
Подтверждённые ресурсы нефти в мире [в млрд. барелей] конец 2011 года



■ Азия и Тихий океан	41,3
■ Африка	132,4
■ Европа и Евразия.....	141,1
■ Северная Америка.....	217,5
■ Южная и Центральная Америка	325,4
■ Центральный Восток	795,0

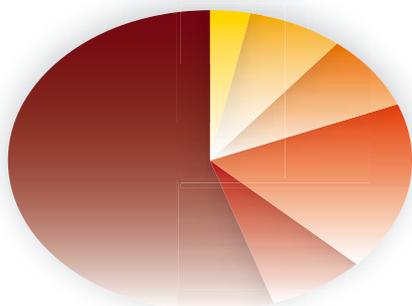
Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

Дистрибуция подтверждённых ресурсов нефти в 1991 году – всего 1032,7 млрд. барелей



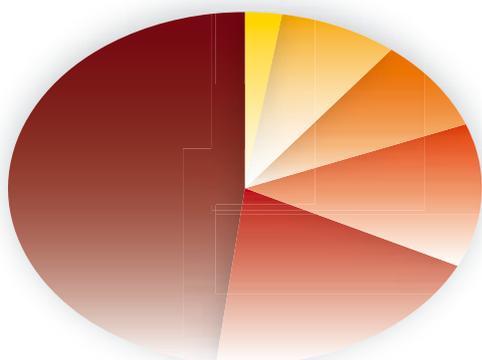
Азия и Тихий океан.....	3,6%
Южная и Центральная Америка.....	5,8%
Северная Америка.....	7,4%
Европа и Евразия.....	11,9%
Африка.....	7,2%
Центральный Восток.....	64,0%

Дистрибуция подтверждённых ресурсов нефти в 2001 – всего 1267,4 млрд. барелей



Азия и Тихий океан.....	3,2%
Южная и Центральная Америка.....	7,6%
Северная Америка.....	8,1%
Европа и Евразия.....	18,2%
Африка.....	7,8%
Центральный Восток.....	55,1%

Дистрибуция подтверждённых ресурсов нефти в 2011 – всего 1652,6 млрд. барелей



Азия и Тихий океан.....	2,5%
Южная и Центральная Америка.....	8,1%
Северная Америка.....	8,5%
Европа и Евразия.....	13,2%
Африка.....	19,7%
Центральный Восток.....	48,1%

Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012



The image features a white background with several decorative orange elements. At the top, there are two horizontal lines that curve downwards on the right side. A vertical line on the left side intersects a horizontal line at the bottom. A vertical orange bar is located on the right side of the page. The text is positioned in the lower-left quadrant.

Газ:

добыча,
распределение,
рынок

Общие мероприятия в секторе сланцевого газа

Основа – это объединение

Томаш Бараньчик, Конрад Михалек, Ярославль Гживиньски, Гжегож Кусь

Во время, когда поисковые концессии – включающие наиболее интересные, с точки зрения потенциала добычи, территории Польши – уже розданы, рынок сланцевого газа входит в более зрелую стадию.

В настоящее время можем ожидать появления образцов бизнес-действий, характерных для зрелых рынков, как среди инвесторов работающих уже на польском рынке, так и тех, которые только еще рассматривают вход в этот бизнес.

а также прогнозы очередных скважин становятся причиной того, что в ближайшее время можно ожидать активный действий инвесторов для определения потенциальных форм сотрудничества, а также распределения расходов и прибылей от ожидаемой добычи.

Не выпасть из гонки

С территорий проводимых сейчас поисковых работ наплывает всё больше информации о потенциалах месторождений. Как следует из прогноза отдельных компаний, разведывательные работы будут интенсифицированы ещё в 2012 г. Много международных игроков не хочет пропустить шанс участия в прибылях с добычи польских ресурсов сланцевого газа. Отдельные из них решили инвестировать уже в начальной стадии формирования рынка, подавая на протяжении последних нескольких лет заявки на признание концессии на поиск и разведку месторождений сланцевого газа. Другие воздержались с действиями, наблюдая за инвестиционным климатом в Польше и дожидаясь предварительного подтверждения о существовании ресурсов и определения государственными властями законодательных и налоговых рамок деятельности в этой отрасли.

По-прежнему имеется много неизвестного, связанного с новым газовым правом и налогообложением добычи углеводородов. Однако, положительные высказывания представителей отдельных компаний,

Перетасовки в отрасли

Специфика месторождений сланцевого газа требует капиталовложений намного большего масштаба, чем в случае конвенционального газа. Ведение поиска характеризует также высокий уровень неопределенности. Поэтому также, принимая за образец североамериканский рынок, а также некоторые начинания в секторе конвенциональной газодобычи, владельцы концессии решаются на кооперирование

Вместе с развитием рынка и дальнейшим поглощением капитала очередными разведывательными скважинами можно ожидать рост значения сотрудничества между компаниями на рынке.



с другими субъектами. Главные причины такого типа сотрудничества это:

- желание минимализировать и диверсифицировать риск, связанный с инвестицией,
- возможность привлечения финансирования, необходимого для бурения скважин,
- обмен опытом и *ноу-хау*.

Первый из перечисленных факторов – ограничение риска – касается всех игроков на рынке. Вскоре может оказаться, что только некоторые концессии будут предлагать условия добычи, которые могут гарантировать окупаемость проекта. С этой точки зрения компании готовы отказаться от части потенциальной прибыли от имеемой концессии, чтобы получить долю в проектах расположенных в других регионах.

Второй повод – привлечение капитала – имеет крупнейшее значение для меньших компаний, которые получили концессии, но не имеют достаточ-

ных источников финансирования для начала бурения. Считается, что себестоимость одной скважины в Польше выше чем в США, и достигает даже несколько десятков миллионов долларов. Значит, меньшие субъекты будут вынуждены сотрудничать с большими игроками, которые взамен за долю в будущих прибылях могут поддержать проект необходимыми финансовыми ресурсами.

Очередной фактор – передача *ноу-хау* – относится главным образом к компаниям, которые не принимали участия в американском сланцевом „буме“ прошлых лет. Примером могут послужить польские энергетические предприятия, которые ищут сотрудничества с американскими инвесторами для развития компетентности по газодобыче из неконвенциональных месторождений.

Вместе с развитием рынка и дальнейшим поглощением капитала очередными разведывательными скважинами можно ожидать рост значения сотрудничества между компаниями на рынке. Более того, по



мере подтверждения размера потенциальных месторождений на очередных концессиях, возможно появление новых охотников на участие в расходах и прибылях связанных с добычей сланцевого газа.

„Фермеры” сланцевого газа

Заключённые до сих пор в Польше договора о сотрудничестве при развитии сланцевых проектов заметно отличались по величине концессии, стоимости сделки или размеру приобретённого пая. Несмотря на существующую разницу, большинство сделок этого типа обозначается общим названием, словом, заимствованным из американского рынка – „*farm-in*”.

На практике наиболее универсальные формы сотрудничества типа *farm-in* в Польше это:

- контрактное joint venture (CJV) основанное на договоре о совместном операционном соглашении (Joint Operating Agreement – JOA),
- создание целевой компании (SPV) в форме командитного товарищества.

В этой области польская практика также напоминает ту, замеченную в Соединенных Штатах, где договора joint venture основанные на JOA являются наиболее распространенным видом сотрудничества в секторе сланцевого газа. Пайщики должны все-таки осознавать, что любое из выше перечисленных решений имеет свои существенные юридические и налоговые последствия.

Осторожность

Большинство инвесторов осознает технические вопросы связанные с проектом, такие как стоимость поиска и добычи, вероятность успеха, количество газа, доступ к рынку, и т. д. То, что является предметом их опасений – это внешние, свойственные для данной страны условия, такие как структура налогов для трансакции, юридические возможности, социальная ответственность, а также стратегии сбалансированного развития. Кроме того, каждая из сторон трансакции должна убедить своих пайщиков, что трансакция честная с финансовой стороны (оценка цены). Следует отметить, что польское право, в том числе также налоговые предписания, не приспособлены к различным формам joint venture, ни в виде договоров о совместном операционном соглашении (JOA), ни в форме командитных товариществ (SPV). Каждый из этих сценариев сотрудничества может связываться с некоторыми опасениями со стороны инвесторов.

Юридическая точка зрения

С перспективы права, все месторождения в Польше являются исключительной собственностью польского государства. Следовательно, одним из наиболее ключевых вопросов для инвестора является заключение важной и полностью взываемого договора с государственной казной о пользовании горными ресурсами. В соответствии с таким договором, инвестор из сланцевого сектора будет иметь право пользоваться определёнными сырьевыми месторождениями, владельцем которых является польское государство. Договор о пользовании недрами будет чётко определять все условия и применения таких месторождений. Инвестор может планировать поиск и/или добычу определённого сырья. Концессия будет признана на установленный срок, но не короче чем на 3 года и не дольше чем на 50 лет.

Польское горное и геологическое право, включающее процесс признания концессий на поиск, разведку и добычу углеводородов (в том числе нефти и сланцевого газа), говорит, что концессия, а также право на пользование недрами, может быть признано только отдельному субъекту. Одновременно разрешена только полная передача концессии, то есть не нельзя продать долю в концессии. Очередной, подлежащий решению, вопрос – ответственность добываемого газа или потенциальная необходимость получения согласия из антимонопольного бюро в случае создания SPV.

Налоги имеют значение

С налоговой перспективы, по отношению к общим мероприятиям, ключевым вопросом является соответствующая структуризация оплаты за допуск к концессии. Так как обычно один субъект имеет концессию с определённого времени и в связи с допуском к ней новых партнёров ожидает не только „оплаты за вход“, но также вознаграждения за понесённые до того времени издержки. Часто встречаемые в других странах структуры с асимметричным распределением будущих расходов и доходов (напр. субъект сбывающий права на концессию будет иметь 60% доходов и 30% расходов, а приобретающий 40% доходов и 70% расходов) может привести к существенным ограничениям при расчете налоговой части расходов для приобретающего субъекта.

Следует также иметь в виду, что трансграничные субъекты участвующие в общих мероприятиях в объёме поиска или добычи газа в Польше (напр. яв-

ляясь компаньоном единоличной компании) могут восприниматься польскими налоговыми службами как владеющие так называемым “предприятием для налоговых целей”. В результате могут быть обязаны оплачивать подоходный налог в Польше, а также выполнять ряд административных и отчётных обязанностей. Кроме того, в некоторых ситуациях, в зависимости от объёма проводимой деятельности, может также дойти до открытия в Польше трансграничным субъектом постоянного места ведения предпринимательской деятельности (англ. *fixed place of business*) для оплаты налога НДС или необходимости регистрации НДС в Польше. Вопросы оплаты на-

Польское горное и геологическое право, включающее процесс признания концессий на поиск, разведку и добычу углеводородов (в том числе нефти и сланцевого газа), говорит, что концессия, а также право на пользование недрами, может быть признано только отдельному субъекту.

лога НДС появятся также по отношению к текущим расчётам между участниками общего мероприятия, в частности когда один с них является оператором, финансирующим поиск через так называемый cash calls или при рефактуризации (Re-invoicing) на остальных. Дополнительно, вопросы касающиеся расчётов НДС могут вытекать из схемы продажи добытого в будущем сырья, а значит также должны быть проанализированы на предварительном этапе общего мероприятия. Нужно также обратить внимание, что в определённых ситуациях может также возникнуть обязанность оплаты налога на недвижимое имущество от грунтов, зданий или строений, используемых во время поиска или добычи углеводородов. В этом контексте, оплата налога обычно будет лежать солидарно на всех участниках общего начинания.

Подытоживая, при помощи развитого планирования налогов и использования существующих возможностей оптимизации можно закрепить налоговую ситуацию сторон joint venture, а также правильно сформировать их налоговые обязательства.

Авторы – сотрудники отдела юридическо-налогового консалтинга и бизнес-консалтинга PwC

Томаш Баранчик – партнёр

Конрад Михалек – вице-директор

Ярослав Гживиньски – старший юрист

Гжегож Кусь – старший консультант

Газовая инфраструктура

Возможности экспорта природного газа из Польши

МАТЕУШ КОНЕЧНЫЙ

Этап поиска и разведки месторождений неконвенционального природного газа в Польше закончился успехом. Многочисленные фирмы, польские и заграничные, приступают к эксплуатации и добыче сырья. Экономика добычи благоприятствует развитию мощностей производства электрической энергии из газового топлива, а польская химическая промышленность укрепляет свою конкурентную позицию благодаря доступу к отечественному сырью.

Польские фирмы, до настоящего времени в основном импортёры или потребители природного газа, экспансируют в новую область деятельности – обороты на отечественном либеральном рынке, а также за границами Польши, становясь активными участниками европейского рынка природного газа и получая при этом реальную экономическую прибыль.

Польша находится на пути трансформации из государства, зависимого от поставок топлива потребителю, который сам становится опорой энергетической безопасности региона при помощи обеспечения поставок сырья на внутренние рынки Евросоюза. Такая картина польского рынка природного газа рисуется на основании наиболее оптимистических сценариев развития эксплуатации газа из сланцевых формаций. Однако сейчас такой оптимистический подход может показаться достаточно отдалённым и туманным видением. Степень разведки месторождений неконвенционального газа не позволяет ещё точно квантифицировать объём добычи, а тем более не позволяет наметить экономику эксплуатации, которая окончательно определит потенциальное увеличение предложения отечественного газа.

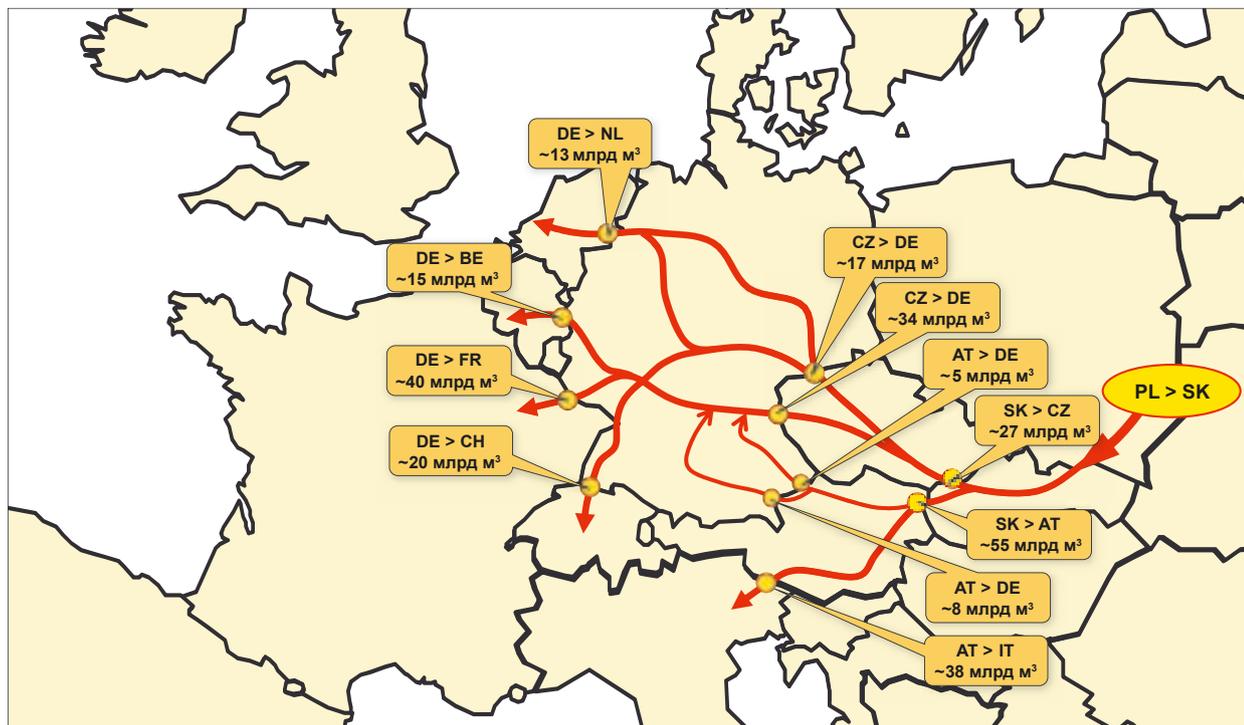
С другой стороны масштаб перелома, который может вызвать природный газ из сланцевых формаций в Польше, настолько большой, что уже сегодня мы должны сознательно приготовиться на различные сценарии связанные с его эксплуатацией. В частности реализация оптимистического сценария потенциала

природного газа из неконвенциональных месторождений горячит умы принадлежащих к отрасли, позволяя рисовать картину Польши как сильного участника европейского энергетического рынка независимого от внешних поставщиков.

Что было бы, если бы наша страна имела излишки природного газа? Давайте потеоризируем и на мгновение перенесемся в реалии, в которых перспектива того, что в Польше есть излишек газа для собственных нужд является фактом. В крайнем случае возможность продажи природного газа за границами Польши будет детерминированная спросом на это сырьё на валовых рынках, а также в странах Западной Европы, а прежде всего ценовой конкурентностью польского газа по отношению к альтернативным источникам поставок. Эта статья абстрагирует всё-таки от аспекта цены самого сырья и концентрируется на технических возможностях его экспорта из Польши.

Природный сжиженный газ – (призрачный) глобальный масштаб

Сжиженный природный газ (СПГ) уже вписался в газовый баланс Европы. Большинство стран Старого континента, имеющих доступ к морю, много лет тому назад вложило капитал в терминалы, позволяющие



Карта: Технические пересылочные мощности межсистемных соединений на ветках распределения газа из газопровода „Братство“. Источник: Анализ PwC на основании данных ENTSO-G

импортировать газ в жидком виде. В глобальном понятии, перед лицом значительной отдалённости источников поставок природного газа от территорий его повышенного потребления, СПГ стало эффективным – по стоимости – решением позволяющим транспортировать газ на большие расстояния. Следовательно, рассмотрение возможности экспорта СПГ есть неотъемлемым направлением анализов для каждой страны, располагающей излишками природного газа.

Глобальный рынок СПГ характеризуется разделением на три основных региона производства и/или потребления:

- **атлантический рынок** (импортёр нетто, в том числе, в первую очередь, США и Европа как потребители, а также Африка и Центральная Америка как производители);
- **тихоокеанский рынок** (импортёр нетто, в том числе, в первую очередь, Япония и Южная Корея как потребители, а также Малайзия, Индонезия и Австралия как производители);
- **район Ближнего Востока** (экспортёр нетто, в том числе, в первую очередь, Катар и Оман как производители) – снабжающий обе остальные области.

Развитие американского рынка, вызванного началом широкомасштабной продукции природного газа из сланцевых формаций, постепенно преобразовывает вышеуказанную отточенную годами схему

рынка СПГ – Соединённые Штаты в недалёком будущем станут экспортёром газа именно из-за инвестиций в терминалы сжижения. Это значит, что Польша рассматривая постройку собственного экспортного терминала должна подготовиться к тому, что американский рынок не может уже восприниматься как потенциальное направление экспорта, а скорее как потенциальный конкурент. Что фактически оставляет два направления потенциального польского сбыта СПГ – европейский рынок или азиатский рынок (тихоокеанский), который от Польши отделяет значительно большее расстояние чем производителей из Ближнего Востока, получающих дополнительные эффекты масштаба, благодаря своим крупнейшим в мире установкам для сжижения. Вышеуказанная короткая презентация контекста рынков СПГ показывает, что анализируя возможность сжижения газа в Польше следует в частности принять во внимание европейский рынок сбыта, а в частности бассейны Балтийского моря и Северного моря.

Независимо от вышеуказанных предпосылок, в случае владения экспортными излишками, Польша, в первую очередь, должна рассматривать возможность экспорта газа именно в страны Евросоюза. Повод прозаический – появление Польши в балансе поставщиков природного газа на рынок ЕС может полностью изменить восприятие нашей страны в Европе и поспособствовать значительному укреплению нашей позиции на международной арене.

Альтернативные газопроводные пути экспорта

Шире обсуждаемая возможность соединения польской системы пересылки природного газа с газопроводом „Братство” не исключает возможность постройки через Польшу газопроводной инфраструктуры экспортного характера. Среди альтернативных проектов, которые могут поддержать эту цель, следует упомянуть:

- Соединение с Литвой – являющееся в настоящее время предметом анализов GAZ-SYSTEM и Lietuvos Dujos. Это соединение предоставит возможность экспорта до 4,5 млрд. м³ природного газа в балтийские страны.
- Соединение с Чехией – существует возможность перестройки до экспортной функции

существующего соединения в окрестностях Цешина, которое в первоначальном предположении должно было функционировать как источник поставок газа в Польшу.

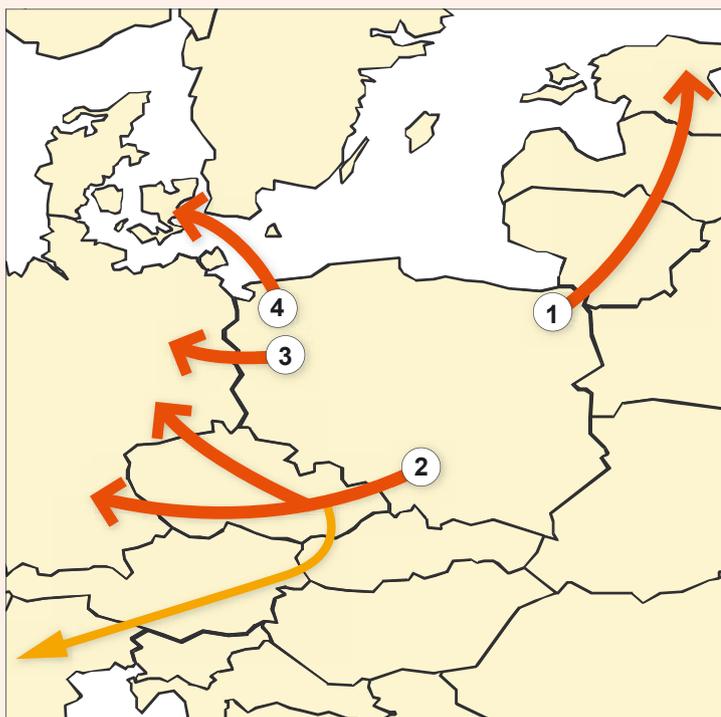
- Соединение с Германией – до настоящего времени концепционные инфраструктурные проекты, касающиеся немецких сетей, концентрировались на возможности подключения Польши к газовому берлинскому кольцу, который пополняется с восточного направления через Малинов (газопровод Ямал), сейчас также при помощи газопровода Opal (наземное продолжение Северного газопровода), а также с западного направления при помощи газопровода Netra (поставляющего газ с Северного

Моря, однако это целевое распределение скорее всего будет заменено струей из газопровода Opal).

- Соединение с Данией – анализируемый несколько лет тому назад проект „Baltic Pipe” соединения Польши с норвежским газопроводом Skanled через территорию Дании принимает новое значение в контексте экспортных потребностей Польши. Учитывая постепенное истощение датских месторождений, эта страна вскоре станет импортёром нетто природного газа и может быть заинтересована возобновлением проекта для обеспечения своих собственных импортных нужд.

◀ Потенциальные альтернативные экспортные соединения польской пересылочной системы

Источник: Анализ PwC



Другая предпосылка рассматривания СПГ как формы экспорта природного газа из Польши – возможность обхода ограничений пересылочной инфраструктуры в Европе. Несмотря на плотную сетку соединений, в европейской сети встречаются так называемые узкие места, то есть, в первую очередь, ограничения вытекающие из действующих долгосрочных пересылочных контрактов на трансграничных направлениях. Но зато европейские регазификаци-

онные терминалы имеют существенные излишки незаконтракованных мощностей. В 2010 г. неиспользованные мощности импортных терминалов достигли приблизительно 55% их полных способностей, оцениваемых на около 170 млрд. м³.

Вспоминая о возможности экспорта СПГ остается открытым вопрос экономики его транспортировки в пределах Европы. Преимущество СПГ над конвенциональной газопроводной пересылке будет только в слу-

чае соответственных расстояний. С другой стороны, в настоящее время такие страны как Норвегия, Алжир или Египет, которые находятся относительно близко к европейским рынкам сбыта эффективно пласируют на них объемы собственного СПГ. Однако это не изменяет факт, что для экономики транспортировки внутри Европы, особенно направлении пересылочной инфраструктуры, требуется глубокий целевой анализ.

русскую экспортную политику сквозь призму Северного газопровода, а также планов его дальнейшего расширения, следует принять, что в ближайшее время значение „Братства“, измеряемое объемом поставляемого в Европу российского газа, будет уменьшаться. В контексте ожидаемого снижения закачиваемого объема, значительных технических пересылочных мощностей (общая мощность на опечных точках сло-

Таблица 1. Составление приблизительных капиталовложений для инфраструктурных проектов (газопровод и СПГ)

	Терминал сжижения газа (greenfield)	Терминал сжижения газа (на базе регазификационного терминала)	Межсистемный газопровод
Источник	данные CB&I	планы перестройки импортного терминала Sabine Pass в США (Этап I)	Предварительный эскиз осуществимости импортного соединения Польша – Словакия
Пропускная способность	около 6,8 млрд. м ³	около 12,2 млрд. м ³	3 млрд. м ³
Уровень капиталовложений	3,75 млрд. USD	5,4 млрд. USD	750 млн. зл
Единичные капиталовложения	1,875 млрд. зл/млрд. м ³	около 1,50 млрд. зл/млрд. м ³	0,25 млрд. зл / млрд. м ³

Источник: Анализ PwC на основании данных ChemLog, GAZ-SYSTEM, CB&I, а также СММ

Примечания: оценочные данные – не учитывают временной стоимости денег. Расчёт базируется на предположении, что вложения, намеченные для проекта соединения Польши и Словакии адекватны также для экспортной функции газопровода. Не учтен эффект масштаба инфраструктуры. Следует помнить, что вложения в инвестиции для не указанной в таблице пропускной способности не будут изменяться линейно – поэтому сравнивать единичные затраты следует только наглядно.

Газ с Востока – то есть о потенциале газопроводной инфраструктуры в регионе

Нынешняя форма пересылочной инфраструктуры в Польше не позволяет экспортировать природный газ из Польши. Пересылочная система была сконструирована для импорта газа с восточного направления, а нынешние инвестиционные проекты осуществляются для диверсификации поставок в нашу страну. Следовательно, для возможности экспорта природного газа будут нужны новые инвестиции. Предполагая, что целью постройки экспортной инфраструктуры должно быть получение доступа к как можно большему числу целевых рынков, интересной опцией является соединение польской системы с имеющимся транзитным каналом российского газа, проходящим через Словакию (газопровод „Братство“). Анализируя

вацких газопроводов составляет около 82 млрд. м³), а также доступа к ключевым рынкам Европы, подключение Польши к этому газопроводу имеет огромный потенциал.

Распределение природного газа, который до настоящего времени поступал в Европу через Словакию показывает, что присоединяясь к этому транзитному каналу, Польша получит доступ почти ко всем ключевым рынкам Западной Европы. До времени создания Северного газопровода, с помощью газопровода „Братство“, Россия была в состоянии поставить природный газ в такие страны как: Германия, Италия, Австрия, Словакия, Чехия, а при помощи расширенной сети европейских газопроводов также во Францию и страны Бенилюкса. Этот газопровод предоставляет также непосредственный доступ к физическому хабу в Баумгартен позволяя заключать экстренные (спотовые) и краткосрочные трансакции по продаже газа.

Электрическая энергия – альтернативный способ экспорта природного газа

Независимо от обсуждаемых в статье возможностей экспорта природного газа в его первоначальной форме, необходимо показать интересную альтернативу – экспорт газа в форме электрической энергии, для производства которой он был использован.

По данным “Агентства Рынка Энергии”¹, в 2011 г. полный экспорт электрической энергии из Польши составил более 12 TWh (что составляло около 7,1% полной продукции). В структуре достигаемой мощности нетто в Польше, в разделение по видам топлива, природный газ составляет сейчас всего лишь 3%². Добавление этой доли к объему экспорта энергии для оценки эквивалента природного газа, который использован был таким образом, в сегодняшних реалиях даст сверхнизкий результат.

Учитывая, что в рамках этого артикула мы функционируем в условиях рынка неконвенционального природного газа, можно принять существенное увеличение производственных мощностей основанных на этом топливе. Агрегация всенародно оглашаемых планов инвестиций в новые производственные мощности основанные на газовом топливе в Польше говорит об их общем потенциале на уровне около 6,5 GW³. Если все инвестиционные планы будут осуществлены, то это не изменит факт, что природный газ всё ещё будет составлять значительно меньшую часть в структуре изготовления, чем традиционно применяемые угольные топлива.

Если однако мы примем во внимание эластичность работы газовых производственных единиц, а также предположим, что ведущим решающим критерием экспорта энергии есть возможность быстрого применения ценового арбитража между рынками, то именно газовые блоки дадут возможность почти немедленного реагирования на изменяющиеся рыночные условия.

Экспорт природного газа в форме преобразованной в электрическую энергию следует воспринимать только как интересную деталь и, потенциально, незначительное дополнение к экспорту самого сырья. С другой стороны, если, для этой статьи, мы предположим, что весь прошлогодний объем экспорта электрической энергии базировался бы на газовых единицах, то, в пересчете на эквивалент природного газа, этот экспорт превысил бы 1 млрд. м³.

1 Источник: АО “Agencja Rynku Energii” Ежемесячный бюллетень – Статистическая информация об электрической энергии, декабрь 2011.

2 Источник: PwC и ING. „Газовый сектор и энергетика”. Май 2012.

3 Источник: PwC и ING. „Газовый сектор и энергетика”. Май 2012.

Сколько это может нам стоить?

Одной из главных экономических мер, влияющих на определение окупаемости мероприятия является уровень капиталовложений; рассматривая возможности экспорта нельзя обойти этот аспект.

В 2010 г., в рамках программы Евросоюза ChemLog, был подготовлен предварительный эскиз осуществимости постройки новых интерконнекторов соединяющих польскую систему с соседними странами. Среди анализируемых инвестиций оказался вариант соединяющий Польшу с газопроводом „Братство”. Предварительный анализ указал на техническую возможность такого соединения, а общий уровень капиталовложений был оценен приблизительно на 750 млн. зл. Следует подчеркнуть, что этот анализ был проведен для импортной функции газопровода, а техническая пропускная способность в направлении Польши была принята на уровне 3 млрд. м³ в год. Модификация и изменение этого проекта в контексте экспортных нужд наверно изменит результаты расчётов, а приведённый анализ позволит принять определённую категорию размера затрат связанных с инвестицией. В качестве дополнительной проверки стоимости этой инвестиции могут послужить результаты предварительного эскиза осуществимости для соединения Польша-Литва, опубликованные фирмой GAZ-SYSTEM в начале июля 2012 г. В соответствии с результатами предварительных анализов, общая стоимость постройки одного километра этого газопровода составит около 4 млн. зл, тогда как для приведённого выше анализа соединения со Словакией эта стоимость составляла 4,4 млн. зл/1 км, следовательно здесь нет существенного расхождения.

Для реализации инвестиции на строительство терминала сжижения природного газа можно привести данные международной фирмы, специализирующейся в проектировании и реализации инвестиций в сегменте СПГ – CB&I. По этим данным, единичная стоимость инвестиции в терминал сжижения газа от “фундамента” (greenfield) составляет около 1,875 млрд. зл за способность сжижения 1 млрд. м³ природного газа.

Терминал сжижения природного газ в Польше мог бы быть размещен на месте строящегося сейчас регазификационного терминала. В таком случае стоимость постройки установки для сжижения газа будет, очевидно, ниже чем выше указанная. Это следует из факта, что часть инфраструктуры, подготовленной для регазификации можно приспособить для сжижения газа – в частности это касается портовой инфраструктуры (пирсы, волноломы), а также хранилищ СПГ. Примером использования имеющейся инфраструктуры регазификационного терминала может быть проект перестройки установки Sabine Pass в США, где оценочная

Небольшие установки сжижения и реэкспорт СПГ

Среди возможности экспорта газа в сжиженном виде, кроме обсуждаемой большой установки сжижения газа, нужно упомянуть также: строительство небольшой установки сжижения газа, а также реэкспорт СПГ из Свиноустья.

Идеей, стоящей за этими решениями, является предположение, что наша цель не конкурировать на глобальных рынках, а только лишь освоение местного потенциала, лежащего в регионе бассейнов Балтийского и Северного морей. Под потенциалом этого региона следует подразумевать спрос со стороны имеющихся и планируемых спутниковых регазификационных терминалов, расположенных, в основном, в скандинавских странах, а также балтийских странах (Литва, Латвия и Эстония).

- Небольшие установки сжижения – концепция строительства производственной установки СПГ, с мощностями, приспособленными к спросу в регионе, предоставляющей возмож-

ность сжижения и экспедиции природного газа находящегося на территории Польши.

- Реэкспорт СПГ – концепция, сопротивляющаяся на отсутствию собственной инфраструктуры сжижения. Объемы СПГ поставляемые в Свиноустье могли бы перебрасываться на меньшие единицы, а затем направляться на спутниковые регазификационных терминалы. В этом случае не было бы физического трансфера добываемого в Польше природного газа, однако с точки зрения торгового баланса Польша была бы экспортёром природного газа.

Для этих двух решений характерна прибыль в виде диаметрально более низких капиталовложений в их реализацию, по сравнению с большой установкой для сжижения, однако со значительно более низким экспортным потенциалом.

стоимость сжижения 1 млрд. м³ природного газа составляет 1,5 млрд. зл.

Но все же возможность использования создаваемой сейчас в Свиноустье инфраструктуры, не изменит факт, что постройка терминала для сжижения газа будет значительно более капиталоемким решением по сравнению с инвестициями в газопроводы.

Выводы, или каким путем идти?

Исторические предопределения стали причиной того, что газопроводная инфраструктура в Центральной и Восточной Европе была направлена на пересылку российского газа с востока на запад, прежде всего немецким и итальянским потребителям. Парадоксально, но эта черта, показываемая, как правило, как ключевая слабость пересылочной системы в нашем регионе, в обсуждаемом контексте может стать источником прибыли для Польши.

Относительно небольшой объем инвестиций в соединение польской пересылочной системы с газопроводом „Братство” в Словакии дал бы Польше доступ к практически всему европейскому рынку со значительным потенциалом доступной свободной пропускной способностью, допуская, что роль главного канала транзитного российского газа примет Северный газопровод (потенциально вместе с газопроводом „South Stream”). Альтернативно, если брать меньшие

экспортные нужды Польши, можно рассмотреть также такие проекты как соединение с чешской или немецкой системой, которые, хотя и в меньшем масштабе, также сделают возможным пересылку на западные рынки.

Морское направление экспорта газа в сжиженном виде – несмотря на ожидаемые большие капиталовложения, а в последствии также большой единичной стоимости транспортировки европейским получателям – всё еще является интересной альтернативой ввиду отсутствия барьеров по долгосрочному бронированию пересылочных мощностей в европейских пересылочных системах, а также доступ к валовым рынкам сбыта.

Время выбора оптимальных путей экспорта наступит в тот момент, когда неуверенность связанная с будущим неконвенционального газа заменится в крепкие данные о потенциале их эксплуатации. В свою очередь, такая информация позволит Польше принять экономически рациональные инвестиционные решения. Независимо от того, в каком направлении пойдет развитие возможности экспорта газа из Польши, следует подчеркнуть огромные шансы, перед которыми будет стоять Польша в случае успеха газа из сланцевых формаций – значение Польши на политической карте Европы будет расти прямо пропорционально к объему экспортируемого газа.

*Автор – менеджер отдела
бизнес-консалтинга PwC*

Развитие газового сектора благодаря средствам ЕС

Рекордные инвестиции

Безопасность поставок энергии и топлива – это один из приоритетов Евросоюза. Зависит она, прежде всего, от дифференцирования источников их получения. Также поэтому внимание Европейской Комиссии концентрируется на инвестициях в этом секторе.

В текущей политике интеграции Евросоюза, страны-члены предназначили на сектор энергетики 3% его бюджета, то есть около 11 млрд. евро. Польская энергетика получила аж 20% этой суммы. Почти 7,5 млрд. зл средств ЕС предназначено на эти цели в **Операционной программе Инфраструктура и окружающая среда** (ОПИиОС, пол. *POIiŚ*) руководимой Министерством регионального развития. На инвестиции в энергетическую безопасность страны выделено 4,1 млрд. зл, в том числе 2,7 млрд. зл – исключительно для газового сектора.

Одна из ключевых инвестиций осуществляемых в операционной программе Инфраструктура и окружающая среда – **строительство терминала СПГ в Свиноустье**, благодаря которому предложение природного газа в Польше увеличится на половину. Инвестицию планируется отдать в употребление в середине 2014 г. Общество “Польский СПГ” (пол. *Polskie LNG*) получила на эту цель из Программы 456 млн. зл. На реализацию части проекта общество получило также средства ЕС из так называемого Recovery Plan. В результате Польша будет иметь возможность получить морским путём около 5 млрд. м³ природного газа в год (по регазификации), то есть около 1/3 ежегодно потребляемого страной газа. Дальше газ будет пересылаться газопроводами или цистернами (железнодорожным или автомобильным транспортом).

Строительство терминала СПГ в Свиноустье – единственного в этой части Европы – вместе с инвестициями осуществляемыми компанией АО “GAZ-SYSTEM” по расширению системы пересылки природного газа, вписывается в планы ЕС касающиеся сооружения коридора Север-Юг в Центрально-Восточной Европе. Этот коридор закладывает – с помощью использования внутренних газопроводных систем Польши, Чехии, Словакии и Венгрии, а также интерконнекторов – соединение терминала СПГ в Свиноустье с терминалом СПГ Adria в Хорватии.

Благодаря средствам ЕС **до 2014 г. в Польше будет создано около 1000 км пересылочных газопроводов высокого давления**. В рамках семи газопроводов софинансированных в ОПИиОС предполагаемые капиталовложения составят вместе около 3,8 млрд. зл. Компания АО “GAZ-SYSTEM” получила из Программы около 775 млн. зл. В результате увеличится пропускная способность пересылочной системы и возможность предоставления услуг по пересылке газового топлива в более широком объеме. Дофинансированные из ОПИиОС газопроводы: Щецин-Гданьск, Щецин-Львувек, Рембельцизна-Густожин, Густожин-Одолянов, Еленёв-Дживишов, Полковице-Жары, Влоцлавек-Гдыня. Постройка этих газопроводов обеспечит большую безопасность поставок газа получателям, создаст возможности для развития рынка газа при помощи увеличения



Газопровод Влоцлавек-Гдыня, узел Вичлино (фото АО "Gaz-System")

пропускной способности пересылочной системы, а также условия для расширения распределительной сети.

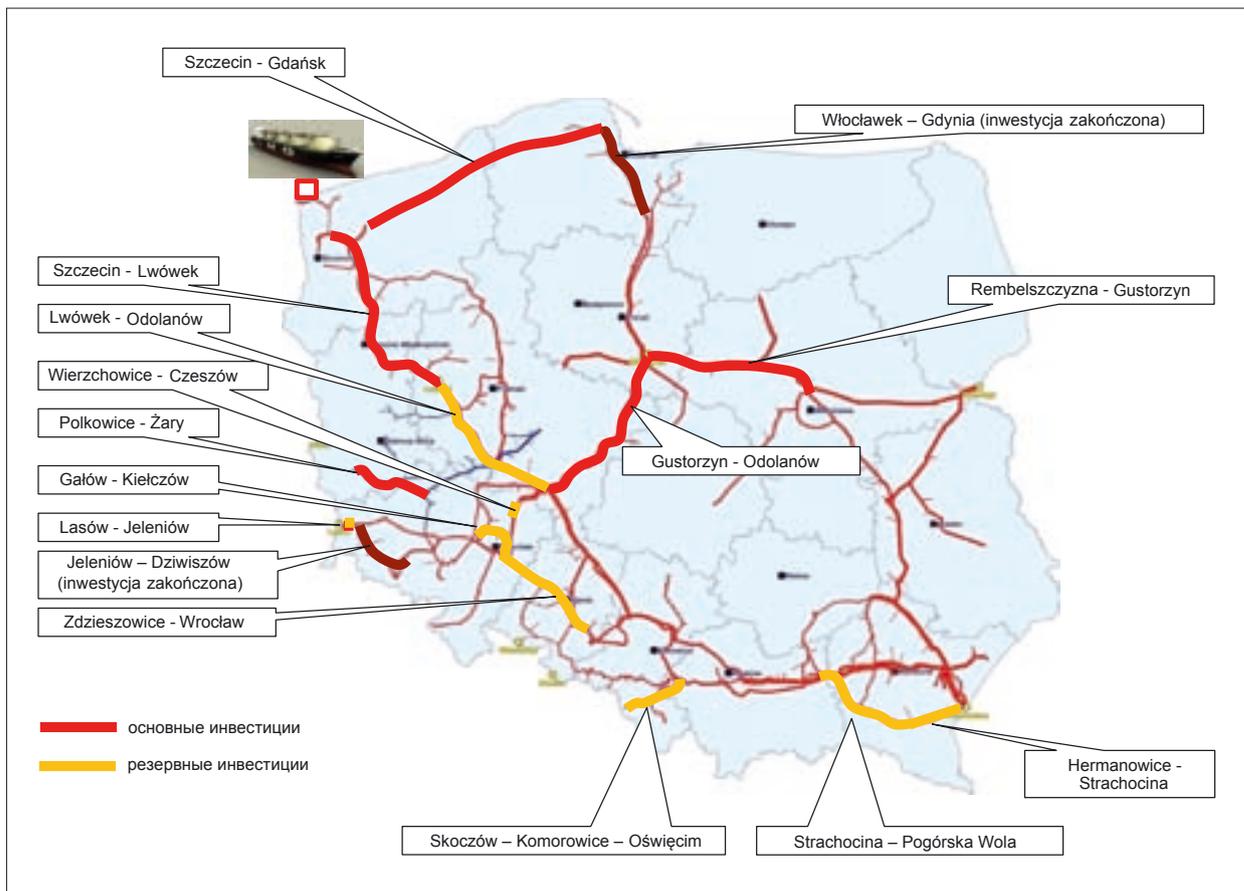
– В рамках стратегической инвестиционной программы компании АО "GAZ-SYSTEM", ключевые проекты связанные с приспособлением сети к получению газа со строящегося терминала СПГ в Свиноустье. Благодаря положениям специального закона о строительстве терминала СПГ стало возможно

С помощью средств ЕС из Операционной программы Инфраструктура и окружающая среда расстраивается пересылочная и распределительная сеть природного газа, а также газохранилища. Кроме того, строится терминал СПГ в Свиноустье. До настоящего времени признано дофинансирование для 35 инвестиций в газовый сектор в стране – на общую сумму 2,3 млрд. зл. Проекты в энергетическом секторе, ввиду своей сложности, воздействия на окружающую среду, чрезвычайно длительные. Однако, все инвестиции будут завершены до 2015 г.

значительное ускорение осуществления наших инвестиций, связанных с расширением польской пересылочной системы. Мы планируем также очередные инвестиционные проекты, интегрирующие пересылочные инфраструктуры в нашей части Европы. Мы приложим все старания, чтобы также в новой бюджетной перспективе на 2014-2020 года были учтены нужды дальнейшего расширения пересылочной системы в Польше – подчёркивает **Рафал Витманн** – Директор сектора развития и инвестиций АО "GAZ-SYSTEM".

До настоящего времени компания АО "GAZ-SYSTEM" завершила постройку двух пересылочных газопроводов Влоцлавек-Гдыня и Еленёв-Дживишов общей протяженностью 128,7 км. Для их реализации были привлечены средства ЕС в размере 65 млн. зл. Крупнейшим газопроводом, поддерживаемым ОПИ-иОС, является отрезок Щецин-Гданьск, длиной 265 км, для которого выделено 226,88 млн. зл. Уже в конце 2013 г. газопровод обеспечит покрытие спроса на газ в воеводствах: западно-поморском, поморском, куявско-поморском и великопольском, а также совместную работу с подземными газохранилищами.

В дальнейшем этот газопровод будет работать с **каверновым подземным газохранилищем в Косакове**, которое также строится при помощи средств из ОПИиОС. Кроме того, в рамках программы, расстраиваются подземные газохранилища в



Инвестиции компании "Gaz-System" софинансированные ОПИиОС. Источник: АО "Gaz-System"



Радиус воздействия инвестиции „Газопровод Щецин-Гданьск”. Источник: АО "Gaz-System"

Вешховицах и Страхоцине. АО "Польская нефтегазовая промышленность" получила на реализацию этих инвестиций около 673 млн. зл из ОПИиОС – почти половину стоимости строительства. Благодаря деньгам ЕС возможность складирования газа в стране увеличится более чем на 50%, то есть на 905 млн. м³ (наполовину 2014 г.). Одно лишь расширение газохранилища в Вешховицах повысит активный складской объём на 625 млн. м³.

В 2011 г. завершилось расширение подземного газохранилища в Страхоцине. Это первый завершённый проект среди инвестиций осуществляемых АО "PGNiG" в Операционной программе Инфраструктура и окружающая среда. Проект получил дофинансирование в размере 62,68 млн. зл. В результате активный объём склада увеличился на 120% – до 330 млн. м³. Проект входит в объём многолетних инвестиционных планов АО "PGNiG" на террито-



Подземное газохранилище в Страхоцине. Источник: АО "PGNiG"

рии Страхоцина, включающих целевое расширение складского объема на 1,2 млрд. м³.

– АО "PGNiG" получила дофинансирование из средств ОПИиОС на постройку трёх хранилищ природного газа. Реализация этих проектов увеличит энергетическую безопасность страны благодаря обеспечению поставок газа получателям в случае нарушений его поставок в газовую систему, а также поспособствует полному сбалансированию сезонной неравномерности в потребности на газ экономики страны – говорит **Иоанна Закшевска**, Пресс-представитель АО "PGNiG".

Инвестиции в подземные газохранилища являются ключевым элементом развития инфраструктуры газовой системы. Благодаря ним будет возможно обеспечение стратегических запасов природного газа, что чрезвычайно важно для Польши, которая в настоящее время в большой степени зависит от импорта этого сырья. Хранилища позволяют также сбалансировать сезонную неравномерность потребления газа потребителями или же короткопериодические местные колебания его расхода.

Кроме того, из средств ОПИиОС строятся или модернизируются **распределительные сети при-**

родного газа на территориях до сих пор не имеющих доступа к природному газу. До 2015 г. программой будет дофинансировано свыше 1,7 тыс. км распределительной газовой сети, благодаря чему доступ к газу получит около 100 тыс. человек. Бене-

Инвестиции в газовом секторе в Польше ведутся на масштабе сравнимым единственно с послевоенным периодом восстановления Польши. Только благодаря только средствам ЕС в рамках ОПИиОС в течение пяти лет будет построена распределительная и пересылочная сеть длиной около 2700 км. Стоит добавить, что в среднем, в течение 10 лет, в Польше построено 1000-2000 км сети. По сравнению с периодом 1970-2000 темп развития пересылочных и распределительных газопроводов в три раза выше.

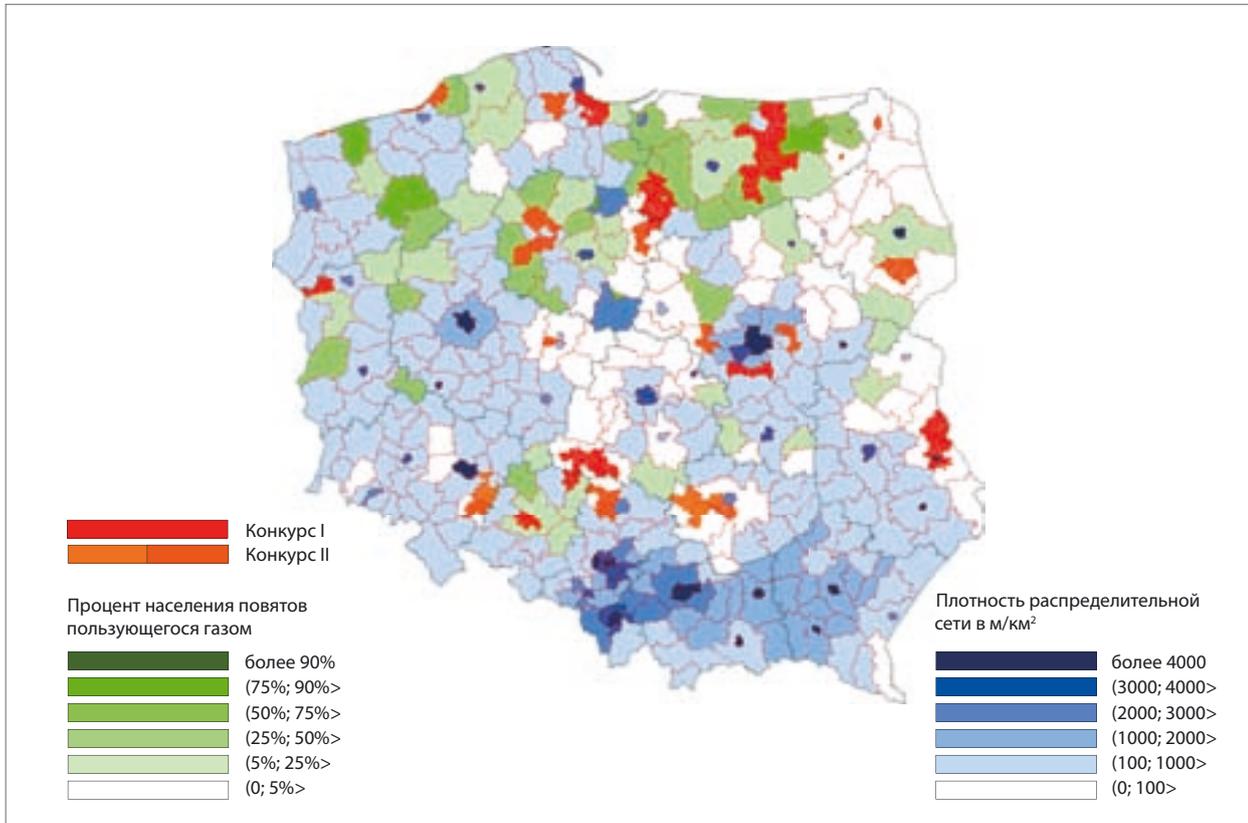


Размещение подземных газохранилищ в стране. Источник: АО "PGNiG"

фициарами дофинансирования чаще всего являются региональные газопромышленные компании.

На карте „Распределительная сеть природного газа” можно заметить, что в рамках ОПИиОС (красный цвет) осуществляются проекты не только на территориях, на которых нет сетей (белые пятна), но также там, где улавливается необходимость конверсии использования газового топлива (переход с СУГ на природный газ) или же отказ от обогрева твердым топливом или маслом, что способствует позитивному эффекту для окружающей среды. Это проекты, в частности осуществляемые в северо-восточной Польше, настолько интересные, что несмотря на отсутствие пересылочной сети, будут использоваться станции регазификации сжиженного природного газа (СПГ) и распределять его по имеющейся или по ново построенной распределительной сети. Следовательно, здесь есть связь с другим большим проектом ОПИиОС – Строительство терминала регазификации сжиженного природного газа в Свиноустье, с которого можно будет поставлять сжиженный газ.

– Дальнейшее развитие пересылочных инвестиций, а также складирования газа, чрезвычайно существенно для обеспечения энергетической безопасности Польши и других стран Евросоюза – говорит **Адам Здзебло**, заместитель министра регионального развития. В первоначально представленном Европейской комиссией пакете проектов распоряжений политики интегральности на 2014-2020 года не предусматривается финансирование газового сектора из Европейского фонда регионального развития. Польша предприняла старания, целью которых является включение в политику интеграции также пересылочных и распределительных газовых сетей, а также подземных газохранилищ. Однако мы понимаем, что внесение таких записей в проект распоряжения будет чрезвычайно трудным – подчёркивает министр.



Распределительная сеть природного газа. Источник: Институт Нефти и Газа

Операционная программа Инфраструктура и окружающая среда – это крупнейшая в истории программа осуществляемая страной-членом Евросоюза. Её стоимость – 37,7 млрд. евро, в том числе 28,3 млрд. евро происходит из фондов ЕС. Во всей Польше осуществляется уже свыше 1700 инвестиций стоимостью 168 млрд. зл, которым гарантировано 87 млрд. зл из Европейских фондов. До 2015 г. из средств программы будет сфинансировано несколько сотен крупнейших инвестиции в главных секторах польской экономики – транспорте, окружающей среде, энергетике, здоровье, культуре и высшем образовании.

Значение этой Программы для страны показывает число проектов, которые относятся к так называемой Инвестиции будущего. Преимущественно имеются в виду мероприятия в транспортном, энергетическом и водно-канализационном секторе. Из 40 крупнейших инвестиций в Польше, которые

должны быть завершены до 2015 г., более половины сфинансировано из Операционной программы инфраструктура и окружающая среда.

Подробную информацию о газовых инвестициях софинансированных из Операционной программы инфраструктура и окружающая среда предоставляет Институт Нефти и Газа, который исполняет функцию учреждения, внедряющего для действия 10.1 Развитие систем электропередач, природного газа и нефти, а также строительство и перестройка хранилищ природного газа и действия 10.2 Строительство систем распределения природного газа на территориях не имеющих доступа к природному газу и модернизация существующих сетей распределения.

Контакт: Центр FEDE INIG, kawa@inig.pl

Материал подготовил департамент, руководящий программой «Инфраструктура и окружающая среда» www.pois.gov.pl



INFRASTRUCTURE AND ENVIRONMENT
NATIONAL COHESION STRATEGY



MINISTRY OF REGIONAL DEVELOPMENT

EUROPEAN UNION
COHESION FUND
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND



Потребление природного газа в мире в млрд. м³

	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	измене- ние 2011 по отно- шению 2010	2011 доля полного потреб- ления
Соединённые Штаты	432,7	617,1	549,5	553,9	629,7	673,2	690,1	2,4%	21,5%
Канада	22,7	38,8	50,7	67,7	88,2	95,0	104,8	10,3%	3,2%
Мексика	8,4	10,6	24,9	29,2	41,8	67,9	68,9	1,5%	2,1%
Северная Америка вместе	463,8	666,5	625,1	650,8	759,8	836,2	863,8	3,2%	26,9%
Аргентина	4,2	6,5	12,1	20,7	31,1	43,3	46,5	7,5%	1,4%
Бразилия	^	0,1	0,9	3,2	11,9	26,8	26,7	-0,3%	0,8%
Чили	0,6	0,7	0,7	1,5	7,3	4,7	5,3	11,7%	0,2%
Колумбия	0,9	1,4	3,4	4,1	6,1	9,1	9,0	-0,8%	0,3%
Эквадор	-	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5	-	‡
Перу	0,4	0,5	0,8	0,4	0,4	5,4	6,2	15,2%	0,2%
Тринидад и Тобаго	1,2	1,8	2,9	5,7	11,6	22,6	22,0	-2,7%	0,7%
Венесуэла	6,8	7,5	14,9	21,9	29,6	32,4	33,1	2,3%	1,0%
Остальные страны Центральной и Южной Америки	^	0,1	0,4	0,8	2,3	5,4	5,2	-4,6%	0,2%
Центральная и Южная Америка вместе	14,2	18,5	36,0	58,5	100,7	150,2	154,5	2,9%	4,8%
Австрия	1,8	3,4	4,8	6,8	8,6	10,1	9,5	-6,0%	0,3%
Азербайджан	n/a	n/a	n/a	14,7	7,5	7,4	8,2	9,6%	0,3%
Белоруссия	n/a	n/a	n/a	14,0	15,7	19,7	18,3	-7,2%	0,6%
Бельгия и Люксембург	0,1	5,2	9,1	9,7	14,6	18,8	16,1	-14,8%	0,5%
Болгария	0,1	0,3	3,8	5,0	3,0	2,6	2,9	14,5%	0,1%
Чехия	0,3	1,0	3,5	5,9	8,9	9,3	8,4	-9,3%	0,3%
Дания	-	-	-	2,3	5,1	5,0	4,2	-16,2%	0,1%
Финляндия	-	-	0,7	2,6	4,1	3,9	3,6	-10,0%	0,1%
Франция	5,5	12,4	27,2	30,6	41,9	46,9	40,3	-13,9%	1,2%
Германия	2,9	19,8	54,9	62,9	82,9	83,3	72,5	-12,9%	2,2%
Греция	-	-	-	0,1	2,0	3,7	4,5	24,3%	0,1%
Венгрия	1,1	3,2	8,0	9,6	11,9	10,9	10,2	-6,8%	0,3%
Ирландия	-	-	1,3	2,1	4,0	5,2	4,7	-10,5%	0,1%

Потребление природного газа в мире в млрд. м³

	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	измене- ние 2011 по отно- шению 20100	2011 доля полного потреб- ления
Италия	8,1	13,9	25,3	46,2	65,0	76,1	71,3	-6,2%	2,2%
Казахстан	n/a	n/a	n/a	12,8	8,2	8,2	9,2	13,0%	0,3%
Литва	n/a	n/a	n/a	5,4	2,8	3,1	3,4	9,0%	0,1%
Голландия	1,4	22,0	32,0	38,6	40,0	43,6	38,1	-12,7%	1,2%
Норвегия	-	-	1,0	2,4	3,8	4,1	4,0	-2,1%	0,1%
Польша	1,6	6,4	9,2	9,3	11,5	15,5	15,4	-1,0%	0,5%
Португалия	-	-	-	-	2,6	5,0	5,1	1,8%	0,2%
Румыния	15,3	24,8	37,8	24,7	16,6	13,6	13,8	2,0%	0,4%
Россия	n/a	n/a	n/a	418,2	366,2	414,1	424,6	2,5%	13,2%
Словакия	0,3	1,0	3,5	5,4	6,9	5,6	6,2	12,3%	0,2%
Испания	-	0,4	2,3	6,1	18,2	34,6	32,1	-7,2%	1,0%
Швеция	-	-	-	0,7	0,7	1,6	1,3	-19,1%	‡
Швейцария	-	0,1	1,0	2,0	2,8	3,3	2,9	-12,8%	0,1%
Турция	-	-	-	4,1	16,0	39,0	45,7	17,3%	1,4%
Туркмения	n/a	n/a	n/a	9,3	12,5	22,6	25,0	10,4%	0,8%
Украина	n/a	n/a	n/a	117,8	68,8	52,1	53,7	3,0%	1,7%
Великобритания	0,8	18,2	45,4	56,6	96,4	94,0	80,2	-14,6%	2,5%
Узбекистан	n/a	n/a	n/a	36,0	49,6	45,5	49,1	7,9%	1,5%
Остальные страны Европы и Евразии	116,6	199,1	385,2	24,2	15,3	16,2	16,6	2,7%	0,5%
Европа и Евразия вместе	155,9	331,2	655,9	986,4	1014,2	1124,6	1101,1	-2,1%	34,1%
Иран	7,3	9,7	5,7	22,7	70,1	144,6	153,3	6,1%	4,7%
Израиль	0,1	0,1	^	^	^	5,3	5,0	-6,0%	0,2%
Кувейт	1,3	2,1	4,7	0,5	10,5	14,5	16,2	11,5%	0,5%
Катар	0,1	1,0	4,2	7,6	11,0	20,4	23,8	16,4%	0,7%
Саудовская Аравия	0,6	1,3	11,3	35,2	53,7	87,7	99,2	13,2%	3,1%
Объединённые Арабские Эмираты	-	1,3	6,2	20,4	37,9	60,8	62,9	3,5%	1,9%
Остальные страны Ближнего Востока	0,8	1,7	3,6	11,8	23,7	44,0	42,7	-3,0%	1,3%

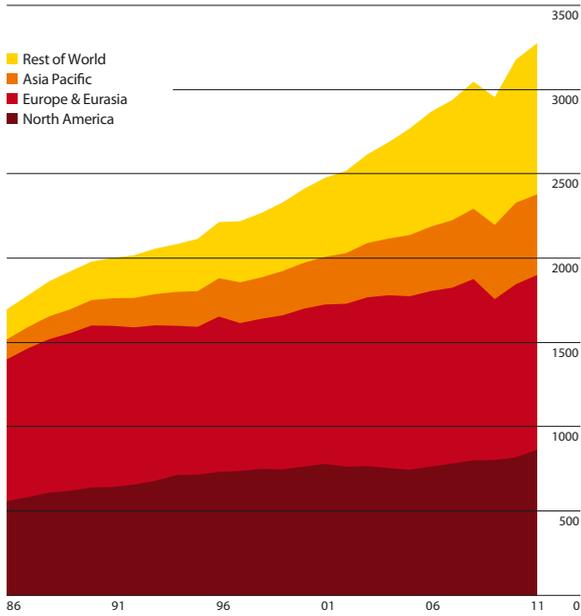
Потребление природного газа в мире в млрд. м³

	1965	1971	1981	1991	2001	2010	2011	изменение 2011 по отношению 2010	2011 доля полного потребления
Ближний Восток вместе	10,2	17,3	35,7	98,3	206,8	377,3	403,1	6,9%	12,5%
Алжир	0,8	1,1	14,8	20,0	20,5	26,3	28,0	6,5%	0,9%
Египет	^	0,1	2,4	9,1	24,5	45,1	49,6	10,0%	1,5%
Южная Африка	-	-	0,2	0,3	1,2	3,9	4,3	8,9%	0,1%
Остальные страны Африки	0,2	0,6	6,4	10,6	17,6	31,5	27,9	-11,6%	0,9%
Африка вместе	1,0	1,8	23,9	40,0	63,8	106,9	109,8	2,7%	3,4%
Австралия	^	2,6	12,1	16,2	22,0	25,7	25,6	-0,4%	0,8%
Бангладеш	-	-	1,6	5,3	10,7	19,9	19,9	-0,1%	0,6%
Китай	1,1	3,7	12,7	15,9	27,4	107,6	130,7	21,5%	4,0%
Гонконг	-	-	-	-	3,0	3,8	3,1	-20,4%	0,1%
Индия	0,2	0,7	2,1	13,4	26,4	61,9	61,1	-1,2%	1,9%
Индонезия	0,5	1,3	7,0	19,5	31,0	40,3	37,9	-5,9%	1,2%
Япония	1,7	3,7	24,1	50,8	74,3	94,5	105,5	11,6%	3,3%
Малайзия	-	0,1	1,3	11,6	25,2	31,9	28,5	-10,5%	0,9%
Новая Зеландия	-	0,1	1,0	4,7	5,9	4,3	3,9	-10,0%	0,1%
Пакистан	1,8	3,5	7,8	13,2	22,7	39,6	39,2	-1,2%	1,2%
Филиппины	-	-	-	-	0,1	3,1	3,6	16,0%	0,1%
Сингапур	-	-	-	-	0,9	8,4	8,8	4,4%	0,3%
Южная Корея	-	-	-	3,5	20,8	43,0	46,6	8,3%	1,4%
Тайвань	0,2	1,1	1,6	3,1	7,3	14,1	15,5	10,1%	0,5%
Таиланд	-	-	0,3	8,1	24,8	45,1	46,6	3,3%	1,4%
Вьетнам	-	-	^	0,1	2,0	9,4	8,5	-9,2%	0,3%
Остальные страны Азии и Тихого океана	0,2	0,5	2,2	2,4	3,8	5,3	5,7	7,3%	0,2%
Азия и Тихий океан вместе	5,8	17,3	73,9	167,7	308,4	557,9	590,6	5,9%	18,3%
Мир вместе	650,9	1052,7	1450,5	2001,6	2453,6	3153,1	3222,9	2,2%	100,0%

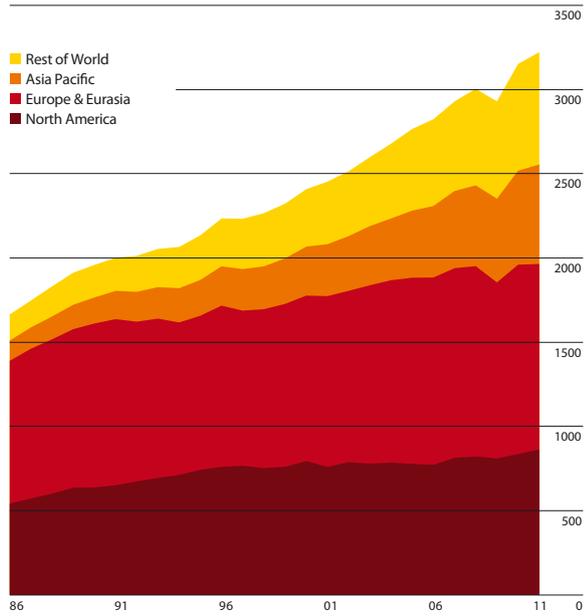
^ менее 0,05
‡ менее 0,05%

Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

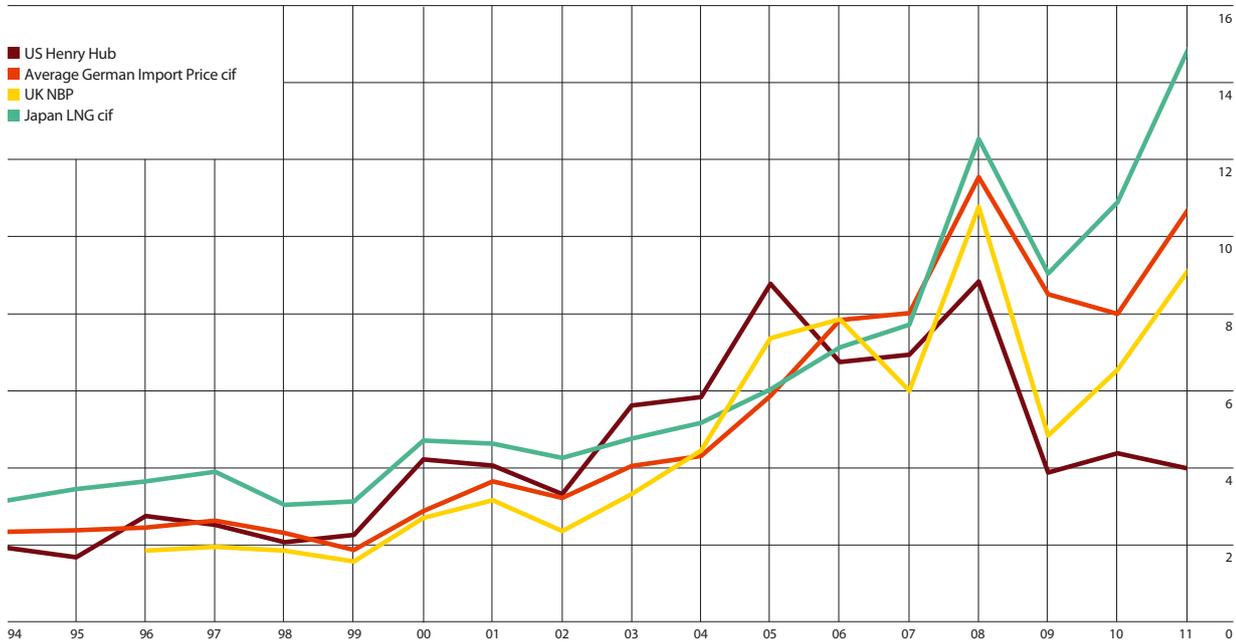
Производство газа [миллиарды м³]



Потребление газа [миллиарды м³]

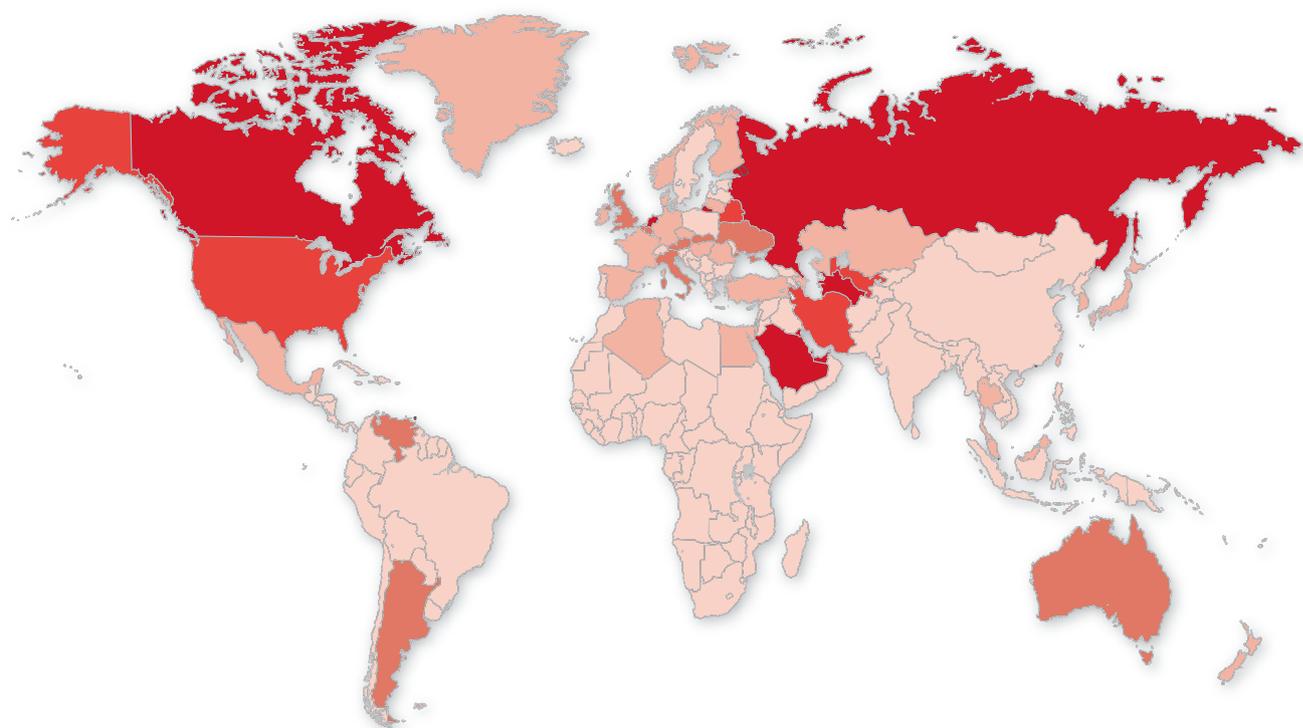


Цены на газ [USD по MMBtu]



Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

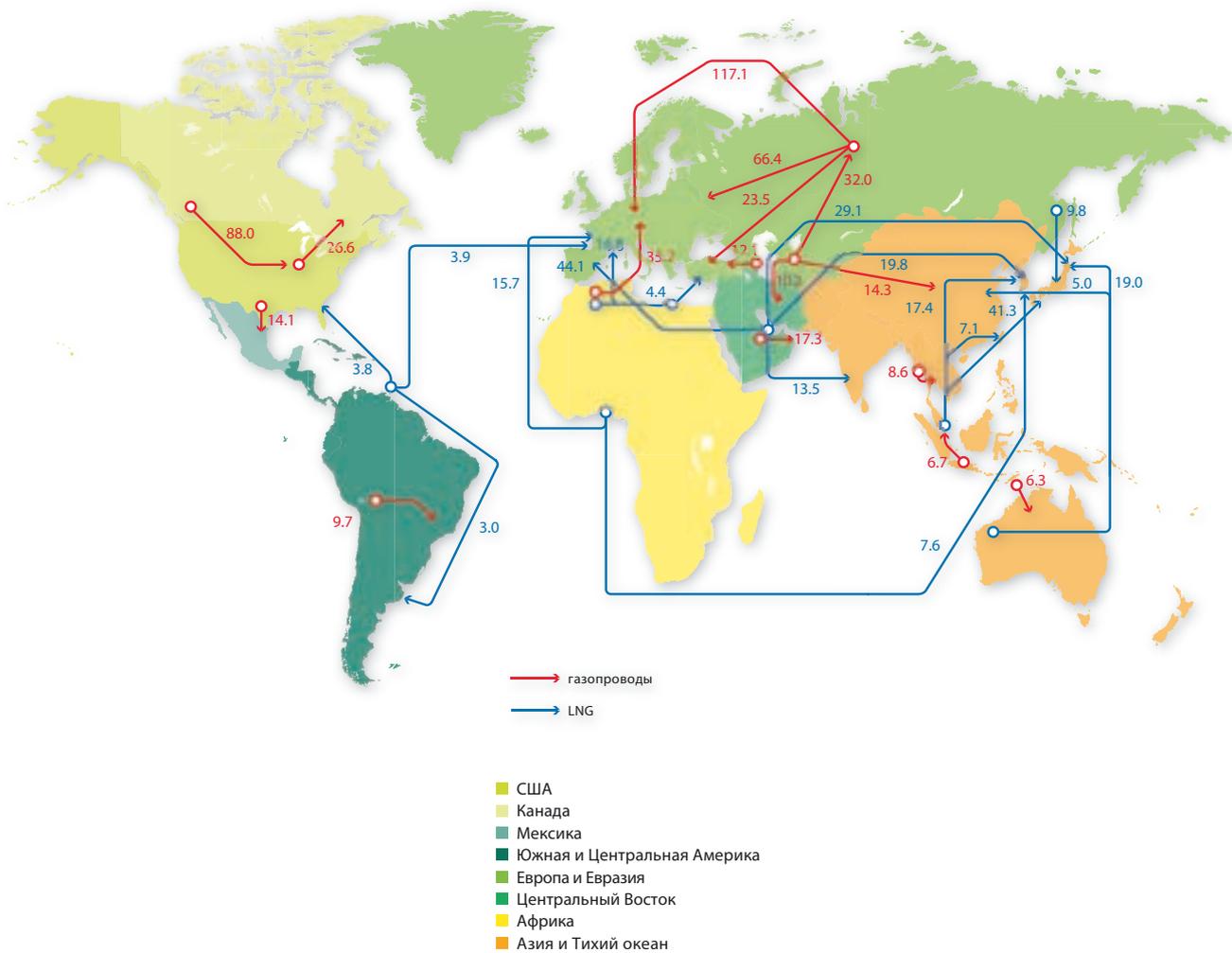
Потребление газа per capita в 2011 г. [toe – тонны эквивалентного масла]



- 0-0,5
- 0,5-1,0
- 1,0-1,5
- 1,5-2,0
- > 2,0

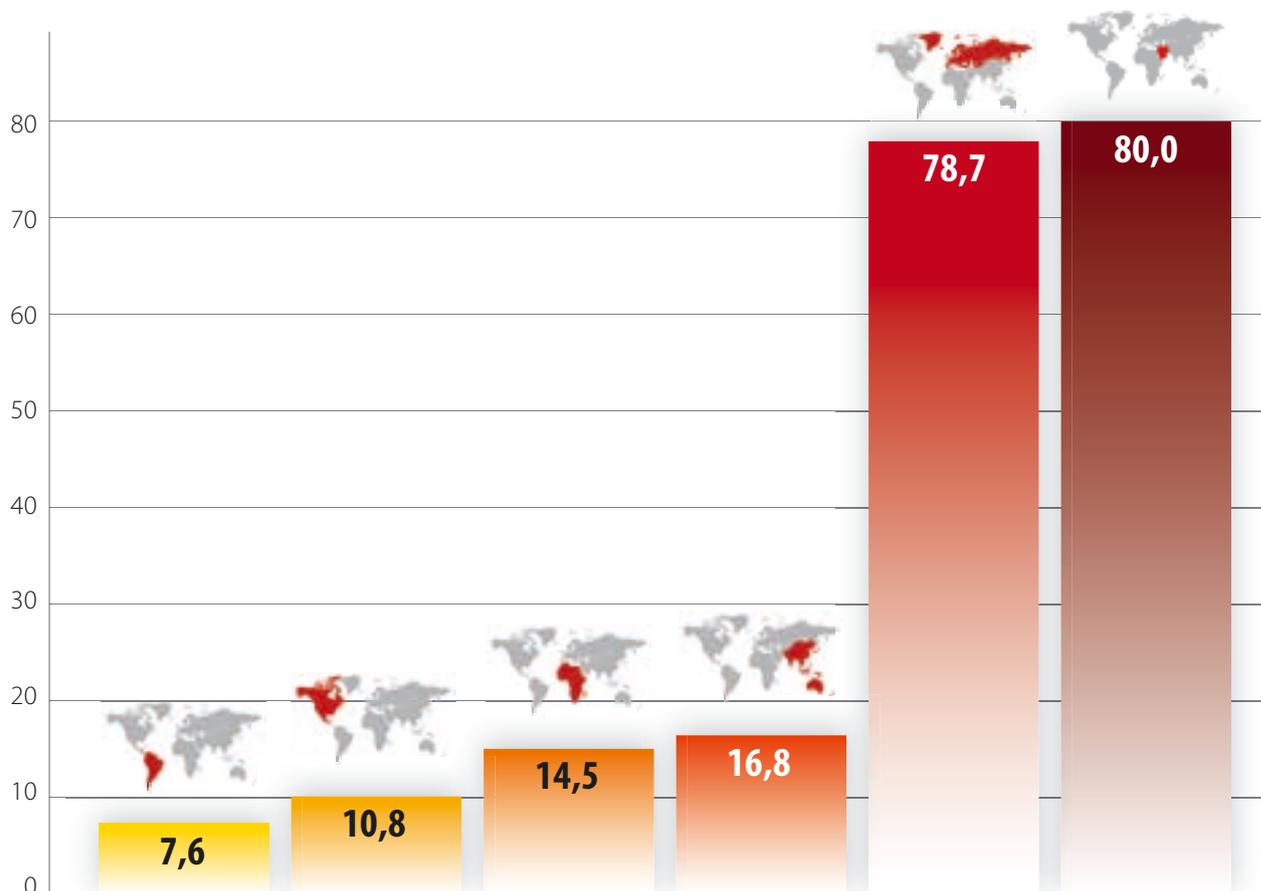
Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

Основные направления торговли природным газом в 2011 г. [в млрд. кубометров]



Данные: BP Statistical Review of World Energy 2012

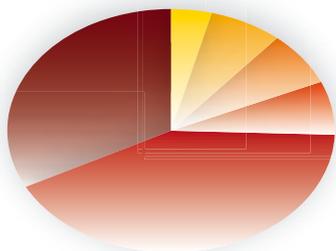
Подтверждённые ресурсы природного газа в мире [в триллионах кубометров] конец 2011 года



■ Южная и Центральная Америка.....	7,6
■ Северная Америка	10,8
■ Африка.....	14,5
■ Азия и Тихий океан.....	16,8
■ Европа и Евразия	78,7
■ Центральный Восток.....	80,0

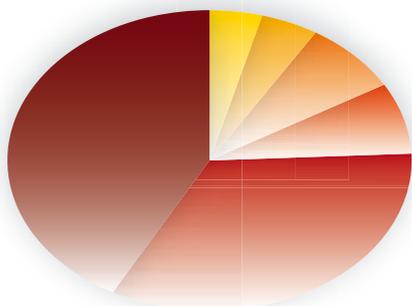
Данные: BP Statistical Review of World Energy 2011

Дистрибуция подтверждённых ресурсов природного газа в 1991 году – всего 131,2 триллионов кубометров



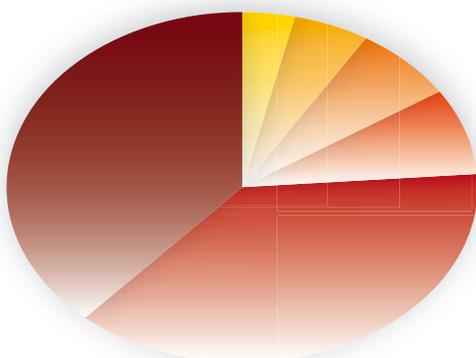
Южная и Центральная Америка.....	4,0%
Северная Америка.....	7,2%
Африка.....	7,2%
Азия и Тихий океан.....	7,1%
Европа и Евразия.....	41,8%
Центральный Восток.....	32,6%

Дистрибуция подтверждённых ресурсов природного газа в 2001 году – всего 168,5 триллионов кубометров



Южная и Центральная Америка.....	4,2%
Северная Америка.....	4,6%
Африка.....	7,8%
Азия и Тихий океан.....	7,7%
Европа и Евразия.....	33,7%
Центральный Восток.....	42,1%

Дистрибуция подтверждённых ресурсов природного газа в 2011 году – всего 208,4 триллионов кубометров



Южная и Центральная Америка.....	3,6%
Северная Америка.....	5,2%
Африка.....	7,0%
Азия и Тихий океан.....	8,0%
Европа и Евразия.....	37,8%
Центральный Восток.....	38,4%

Данные: BP Statistical Review of World Energy 2011



GREEN

0
20
40
60
80
100
120
140
160
180



ЭКОЛОГИЯ

в нефтегазовом
секторе

Проблемы сбалансированного развития рынка биотоплива

Биотопливо – шанс или опасность для окружающей среды?

Дельфина Роговска, Аркадиуш Майох

В настоящее время в мире ведется широкомасштабная дискуссия относительно влияния деятельности человека на глобальное потепление и изменение климата на Земле. Несмотря на то, что мнения в отношении обоснованности ограничения выбросов парниковых газов (англ. Greenhouse Gas) разделяются, предпринимаются действия глобальных масштабов, направленные на снижение выброса парниковых газов. Одним из инструментов, которые, среди прочего, могут служить достижению этой цели, должно быть биотопливо, используемое для привода автомобильных двигателей.

В случае конвенциональных видов топлива для двигателей выброс парниковых газов осуществляется не только в момент сгорания топлива в двигателе – они генерируются также в ходе переработки нефти на нефтеперерабатывающем заводе, а также во время ее добычи и транспортировки. Поэтому для оценки воздействия моторного бензина или газойля на окружающую среду используется метод LCA (Life Cycle Assessment, описанный в норме PN EN ISO 14044:2009). В Директиве Европейского Парламента и Совета 2009/30/WE от 23 апреля 2009 года говорится о необходимости установления регулировок, стимулирующих снижение выбросов парниковых газов, среди прочего, данная Директива вводит требования по снижению выброса парниковых газов, рассчитываемого в цикле функционирования топлива, на максимум 10% до 21 декабря 2020 года. Эта цель может быть достигнута также благодаря использованию биотоплива.

Биотопливо снижает не только выброс парниковых газов, но и также уменьшает зависимость от ископаемых топлив, а также влияет – благодаря выращиванию растений, предназначенных для его производства – на активизацию сельскохозяйственных территорий. Развитие этой отрасли промышленности должно при-

вести к росту инновационных подходов и экономической активности. Таким образом, ожидается, что кроме достижения целей экологического характера, значительными будут также и положительные изменения общественно-экономического характера. Однако, также и само производство биотоплива приведет к генерированию выброса парниковых газов. На рис. 1 в виде схемы представлены выбросы парниковых газов, генерируемые на отдельных этапах цикла функционирования для конвенциональных видов топлива и биотоплива.

Выброс парниковых газов на этапе добычи нефти генерируется, главным образом, через сгорания в факелах и прямые сбросы газа месторождения в атмосферу [1], нецелевые выбросы и неконтролируемые, возникающие на клапанах, уплотнителях оборудования и аппаратуры выбросы [1], связанные с работой машин и оборудования. Переработка нефти на нефтеперерабатывающем заводе на моторное топливо и другие продукты также требует определенных энергетических затрат, а в последствии – генерирует выброс парниковых газов похоже, как в случае транспортировки и дистрибуции готового топлива, хотя этот этап не является настолько существенным. Самым значительным является последний этап в цикле

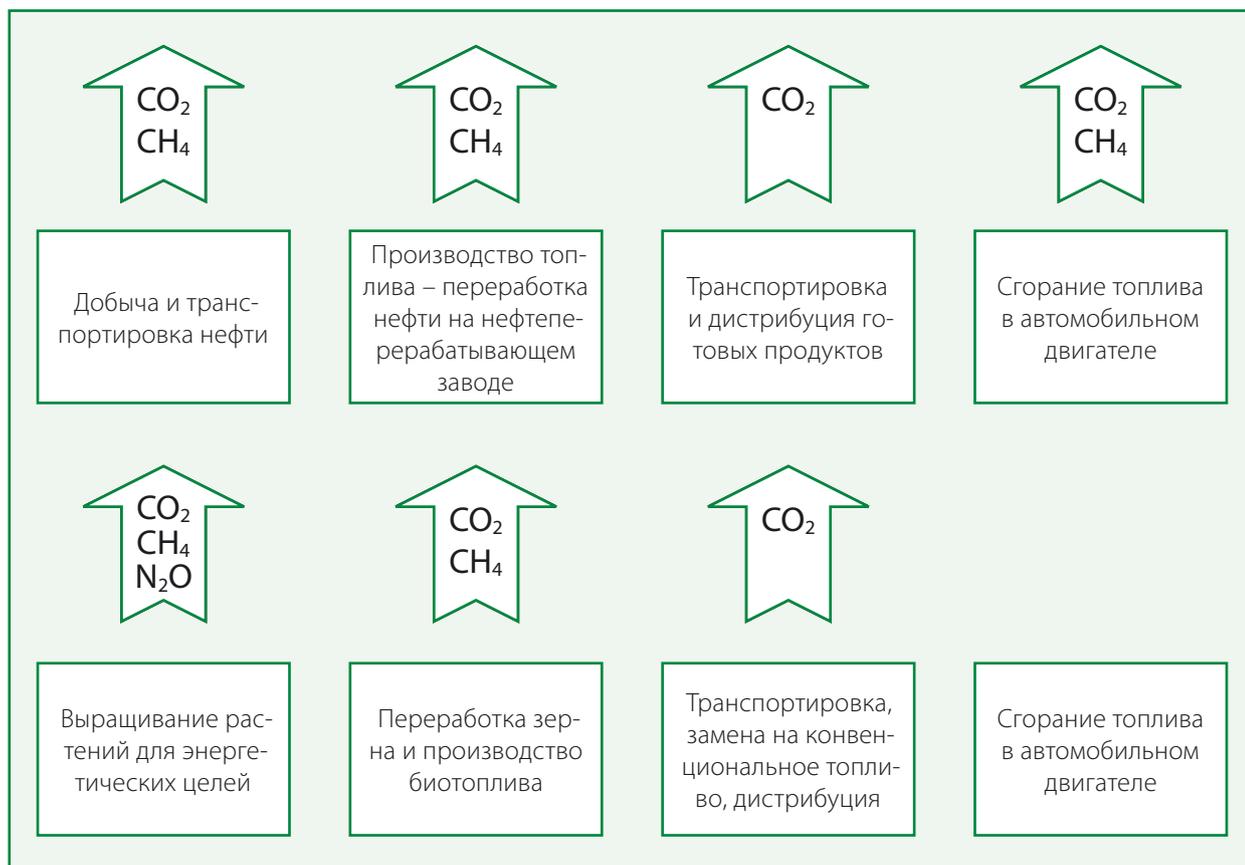


Рис. 1. Выброс парниковых газов в цикле функционирования конвенциональных видов топлива и биотоплива

функционирования моторного топлива – сгорание в автомобильном двигателе.

Биотопливо рассматривается как способ снижения выброса парниковых газов, генерируемого в связи с производством и использованием конвенциональных видов топлива. Однако же для их производства также необходимы энергетические затраты и связанный с этим выброс парниковых газов. Оценка этого значения, а также определение других аспектов воздействия повышенного производства биотоплива на окружающую среду принимается во внимание при оценке проэкологических характеристик биотоплива.

Выброс парниковых газов в цикле функционирования биотоплива

Часто производственный цикл биотоплива – от сельскохозяйственного производителя до производителя биотоплива – называется «цепочкой поставок». Распределение выброса парниковых газов в отдельных звеньях различно и зависит от типа сырья и технологии производства. Консорциум JEC, по зака-

зу Европейской Комиссии выполнил оценку выброса парниковых газов на отдельных этапах [2]. На основании полученных [2] значений, на диаграмме (рис. 2) представлено распределение выброса парниковых газов в цикле функционирования для выбранных путей производства биотоплива.

На рис. 2, на оси x указаны отдельные пути производства биотоплива:

1. FAME (метиловый эфир жирной кислоты) из рапсового масла, жмых и глицерин, учитываемые в распределении на энергетической основе.
2. Этанол из сахарной свеклы, свекольная клетчатка, учитываемая в распределении на энергетической основе, без учета биогаза из барды.
3. Этанол из сахарной свеклы, свекольная клетчатка, учитываемая в распределении, распределение на энергетической основе, с учетом биогаза из барды.
4. Этанол из пшеницы, природный газ в качестве топлива, DDGS (сухое сброженное зерно с растворимыми веществами), учитываемое в распределении на энергетической основе.
5. Этанол из пшеницы, природный газ в качестве топлива с использованием турбины и когенерации, DDGS (сухое сброженное зерно с раствори-



Рис. 2. Эмиссия GHG в цикле существования, для избранных путей производства биотоплив

мыми веществами), учитываемое в распределении на энергетической основе.

6. Этанол из пшеницы, бурый уголь в качестве топлива с использованием когенерации, DDGS DDGS (сухое сброженное зерно с растворимыми веществами), учитываемое в распределении на энергетической основе.
7. Этанол из пшеницы, солома в качестве топлива с использованием когенерации, DDGS (сухое сброженное зерно с растворимыми веществами), учитываемое в распределении на энергетической основе.
8. Этанол из сахарного тростника (распределение не требуется, не предусматривается избыток биогаза).
9. Этанол из кукурузы, природный газ в качестве топлива с использованием турбины и когенерации, DDGS (сухое сброженное зерно с растворимыми веществами), учитываемое в распределении на энергетической основе.

В случае FAME (метилвый эфир жирной кислоты), получаемого из рапсового масла, этанола из ржи и кукурузы, принято, что путь транспортировки зерна от сельскохозяйственного производителя до перерабатывающего предприятия равен 50 км, а в случае этанола из сахарной свеклы это расстояние составляет 30 км. Для этанола, производимого из сахарного тростника, учтена транспортировка до морского порта (принято, что это расстояние составляет 700 км) и транспортировка по морю и дистрибуция на территории ЕС (10 186 км до порта в Европе и 150 км

до складских баз, а также 150 км от складских баз до получателя).

В соответствии с рис. 1 первым звеном цепочки, где проявляется выброс парниковых газов, является выращивание растений для энергетических целей; для польского биотоплива – это, например, рапс, рожь, кукуруза. Выброс, возникающий на этом этапе, связан не только со сгоранием топлива для приведения в действие сельскохозяйственных машин и оборудования, но и также образуется по причине использования химикатов, удобрений, в том числе и главным образом выброс N₂O [3]. Уровень этого показателя значительный, иногда он составляет более 50% всех выбросов в цикле функционирования. В расчетах не учтены ни двуокись углерода, ассимилируемая растениями, ни двуокись углерода, попадающая в атмосферу в результате сгорания биотоплива.

В случае этанола из сахарного тростника значительное положение занимает выброс, генерируемый в ходе транспортировки – как в порт, так и во время транспортировки морем. Несмотря на это, такой этанол и так характеризуется относительно низкими показателями выброса парниковых газов. Максимальное значение выбросов определено для этанола, произведенного из пшеницы, при использовании бурого угля в качестве котельного топлива.

Для отдельных видов биотоплива показатель выброса парниковых газов генерируется на этапе переработки биомассы – производства биотоплива, дифференцируется в зависимости от используемой технологии, котельного топлива, а также от способа освоения других продуктов, возникающих в процессе.

Если они считаются побочными продуктами, их дальнейшее определено и реализовано, а возникающие в процессе выбросы парниковых газов также распределяются к ним (таким образом, это является причиной снижения выбросов, приписываемых биотопливу). К отходам не применяются положения по выбросам парниковых газов.

Полученные в расчетах значения приравниваются к выбросам, генерируемым также в цикле функционирования конвенциональных видов топлива. Таким образом, возможна **оценка степени сокращения парниковых газов** биотоплива по сравнению и ископаемыми видами топлива.

ILUC (непрямое изменение характера землепользования)

Представленный выше взгляд на биотопливо, несмотря на относительно высокую сложность, все же не дает полной картины влияния применения биотоплива на окружающую среду. При повышении потребности в биотопливе необходимо увеличивать территории, предназначенные для выращивания растений для энергетических целей. Таким образом, несмотря на систематическое повышение производительности с гектара, необходимым становится привлечение новых пространств под выращивание с продовольственными целями, что вызовет изменения в экосистеме. Это явление называется непрямым изменением характера землепользования – *ILUC (Indirect Land Use Change)* и относится к изменениям в использовании земель, которые проявились на любой из территорий как результат деятельности для развития использования ОZE. Примером может быть перенос сельскохозяйственного производства для продовольственных целей на другую территорию, с изменением ее естес-

При повышении потребности в биотопливе необходимо увеличить площади, предназначенные для выращивания растений для энергетических целей. Таким образом, несмотря на систематическое повышение производительности с гектара, необходимым становится привлечение новых пространств под выращивание с продовольственными целями, что вызовет изменения в экосистеме.

твенной экосистемы на сельскохозяйственные земли [4, 5].

Непрямое влияние изменения землепользования на выброс достаточно сложно для выражения его в количественных показателях. По мнению авторов доклада „*Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation*” [4], изменения в характере землепользования, сопровождающиеся, главным образом, вырубкой лесов и экспансией производства продовольственных продуктов, составляют около 15% глобальных выбросов парниковых газов.

Самым существенным аспектом, кроме изменения характера землепользования, является деградация территорий с высокими природными показателями, заповедников, в которых проживают дикие животные и птицы, территорий с большим разнообразием биологических видов. Характер таких изменений очень сложно, а иногда невозможно измерить.

Критерии сбалансированного развития – директива RED

После ознакомления с представленными выше проблемами возникает следующая проблема: необходимо найти «золотую середину», что-то вроде компромисса между потребностью в повышении использования биотоплива и защитой атмосферного воздуха и ценных естественных территорий. Эта задачу попытался решить Европейский Союз, издав Директиву европейского Парламента и Совета 2009/28/WE от 23 апреля 2009 года «О популяризации использования энергии из регенерационных источников», которая изменяет и впоследствии отменяет директиву 2001/77/WE [6]. Эта Директива часто обозначается аббревиатурой „RED” от английских слов *Renewable Energy Directive*. В Директиве определяется, что доля энергии из регенерационных источников в Союзе в 2020 году составит 20% конечного расхода брутто, в том числе 10% в сектора транспорта. С одной стороны эти положения имеют большое значение для повышения энергетической безопасности, поддержки технологического развития и инновационных подходов, они должны повлиять на увеличение количества рабочих мест и возможности регионального развития, в особенности, на сельских и изолированных территориях [6]. С другой же стороны, внедряя положения, стимулирующие производство биотоплива, необходимо было бы также определить более строгие меры, целью которых является охрана окружающей среды. Поэтому статья 17 Директивы, RED вводит „критерии сбалансированного развития” (КСР).

I. Ограничение выброса ПГ благодаря использованию биотоплива и биожидкостей составит минимум 35%.

Начиная с 1 января 2017 года, ограничение выброса ПГ, связанного с использованием биотоплива и биожидкостей, предусмотренных для целей, о которых идет речь в абз. 1 лит а), б) и с) директивы RED, составит минимум 50%. С 1 января 2018 года ограничение выброса ПГ составит минимум 60: для биотоплива и биожидкостей, произведенных у установках, которые начали производства 1 января 2017 года или позже.

II. Биотопливо и биожидкости не производятся из сырья, полученного на территориях с высоким показателем разнообразия биологических видов, то есть территорий, которые в январе 2008 года или позже получили следующий статус, независимо от того, имеют ли они такой статус и в дальнейшем:

1. Первичные леса и другие лесные грунты, то есть леса и лесные грунты с самородными биологическими видами, где отсутствуют явные следы деятельности человека, а экологические процессы не были существенно нарушены.
2. Территории, предназначенные:
 - » для охраны природы на основании закона или распоряжения компетентного органа; или
 - » для охраны редких экосистем или биологических видов, которым грозит опасность исчезновения, которые признаны таковыми на основании международных договоров или включены в перечни, составленные межправительственными организациями или Международным Объединением Охраны Природы, при условии признания их в соответствии со ст. 18 абз. 4 второе предложение, разве что представлены доказательства, что производство такого сырья не нарушает целей охраны природы;
3. Травянистые территории с высоким разнообразием биологических видов, а именно:
 - » естественные, травянистые территории, которые останутся травянистыми территориями, если не будет допущено вмешательство человека, и которые сохраняют естественный набор биологических видов, а также характеристики и экологические процессы; или
 - » искусственно созданные, травянистые территории, которые перестанут быть травянистыми и без вмешательства человека, которые богаты биологическими видами и не деградировали, разве что будет доказано, что сбор сырья необходим для сохранения статуса травянистых территорий.

III. Биотопливо и биожидкости не производятся из сырья, полученного на территориях, изоби-

люющих углеродными элементами, то есть на территориях, которые в январе 2008 года обладали одним из указанных ниже статусов, но уже им не обладают:

1. Подмокшие территории, то есть территории, покрытие или насыщенные водами постоянно или в течение значительного периода в году;
2. Территории с постоянным лесным покровом, то есть пространства, на которых растет более, чем один гектар деревьев высотой более пяти метров и с покрытием поверхности кронами деревьев более 30%, либо с деревьями, которые могут достигнуть этих пределов в месте своего роста;
3. Территории, охватывающие более одного гектара с деревьями высотой более пяти метров и с покрытием поверхности кронами деревьев более 10%, либо с деревьями, которые могут достигнуть этих пределов в месте своего роста, разве что будут представлены доказательства того, что территория до и после преобразования обладает таким количеством элементов углерода, что при использовании методологии, определенной в части С приложения V директивы RED, были бы выполнены условия, касающиеся ограничения выброса ПГ.

Положения данного абзаца не используются, если во время изысканий сырья территории имела такой же статус, что и в январе 2008 года.

IV. Биотопливо и биожидкости не производятся из сырья, полученного на территориях, которые были торфяными залежами в январе 2008 года, разве что будут представлены доказательства, что при производстве и сборе такого сырья не использовалась мелиорация грунтов, которые раньше не подвергались процессу мелиорации.

V. Сельскохозяйственное сырье, возделываемое в Союзе и используемое для производства биотоплива и биожидкостей, производится в соответствии с требованиями и нормами, определенными в инструкциях, о которых идет речь в положении «Естественная среда» в части А и в пкт. 9 приложения II к распоряжению Совета (WE) № 73/2009 от 19 января 2009 года, устанавливающему совместные принципы для систем прямой поддержки сельского хозяйства в рамках совместной сельскохозяйственной политики и устанавливающему определенные системы прямой поддержки сельского хозяйства (Законодательный Вестник L 30 от 31.1.2009, с. 16), а также в соответствии с минимальными требованиями, касающимися принципов культуры сельского хозяйства, соответствующей принципам охраны окружающей среды в понимании ст. 6 абз. 1 этого распоряжения.

Учитывая большую дифференциацию рынка биотоплива в Европе, Европейская Комиссия в Сообщении [7] более подробно расписала необходимость выполнения критерии сбалансированного развития для биотоплива и биожидкостей, которые характеризуются следующими положениями:

1. зачисляемые в счет национальных общих целей на основании Директивы «О регенерационных источниках энергии»¹;
2. используемые для исполнения обязательства использования энергии из регенерационных источников²;
3. включенные в финансовую поддержку для применения биотоплива и биожидкостей³;
4. зачисляемые в счет цели, определенной Директивой «О качестве топлива в области снижения выбросов парниковых газов (исключительно биотопливо)»⁴;
5. включенные в инвестиции и/или оперативную помощь в соответствии с европейскими директивами по вопросам государственной помощи на охрану окружающей среды (касается исключительно биотоплива);
6. учтенные в рамках положений, касающихся транспортных средств, работающих на альтернативном топливе, представленных в Распоряжении о снижении выбросов CO₂ в легковых автомобилях (касается исключительно биоэтанола E85)⁵.

Критерии сбалансированного развития в соответствии с директивой RED можно разделить на две области задач: первая касается способности биотоплива к снижению выбросов парниковых газов в цикле функционирования, с учетом альтернативного ископаемого топлива; вторая же касается охраны территорий, на которых выращиваются растения для производства биотоплива. Критерии были определены в пяти основных пунктах, цитируемых ниже в соответствии с Директивой RED [6].

Выше представленные положения означают, что на практике будут использоваться только те виды биотоп-

лива, которые продемонстрируют способность к снижению выброса ПГ на соответственно высоком уровне, а также такие, для производства которых использовалось растительное сырье, возделывание которого не причинило ущерба естественной среде. Директива 2009/28/WE, кроме перечня требований, установила также для хозяйствующих субъектов требование предоставления соответствующей информации и проведения их независимого аудита. Таким образом, появилась необходимость в сертификации биотоплива на соответствие критериям сбалансированного развития согласно требованиям Директивы RED.

Сертификация биотоплива

Директива RED требует, среди прочего, внедрения системы сертификации, подтверждающей соответствие происхождения сырья, технологии и целей критериям сбалансированного развития. Подробные принципы, касающиеся сертификации биотоплива, были опубликованы в сообщении Европейской Комиссии в июне 2010 года [10]. В соответствии с действующим законодательством предоставлять доказательство того, что данный биокомпонент/биотопливо соответствует критериям сбалансированного развития, обязаны хозяйствующие субъекты. Это можно сделать тремя способами:

- Предоставляя в компетентный национальный орган данные, в соответствии с требованиями, установленными государством-членом ЕС (в рамках «национальной системы»);
- Используя «добровольную систему», утвержденную для этой цели Европейской Комиссией;
- В соответствии с условиями двустороннего или многостороннего договора, подписанного ЕС с третьими государствами, утвержденной Комиссией для этой цели.

Польская «национальная система» находится в процессе разработки; требования директивы RED будут имплементированы вместе со вступлением в действие дополнения к закону «О биокомпонентах и жидких видах биотоплива». В течение же последнего года наблюдается значительное развитие добровольных систем сертификации, апробированных европейской Комиссией.

Добровольные системы сертификации

Сутью каждой из признанных систем является акцентирование внимания на соответствие требова-

1 Статья 17 абз. 1 лит. а). Возникает в области понятия «конечного расхода энергии» в соответствии с Распоряжением (WE) № 1099/2008 и причисляется к этой категории биотоплива, используемого в международной авиации (предлагается на продажу в одном из государств-членов ЕС), но уже не используется в международных морских перевозках.

2 Статья 17 абз. 1 лит. в) – в соответствии с определением, представленным в ст. 2 абз. 1 Директивы «О регенерационных источниках энергии»

3 Статья 17 абз. 1 лит. с) – обычно: в рамках национального плана государственной помощи.

4 Статья 7а Директивы «О качестве топлива».

5 Статья 6 Распоряжения (WE) № 443/2009.

ниям охраны окружающей среды и положительной практики в сельском хозяйстве при производстве для энергетических потребностей, а также соблюдение разнообразия биологических видов.

Равноценность соответствия требованиям может реализовываться с помощью процесса сертификации организациями, выдающими разрешения на системы, в которых внедрены системные процедуры. Основным элементом таких процедур является требование прозрачности деятельности и информации, с учетом основных групп заинтересованных лиц. Были также определены квалификации аудиторов, обычно подтвержденные, среди прочих, оконченными курсами в области нормы PN-EN ISO 19011: Инструкции, касающиеся аудита систем управления [8]. Сертифицирующие организации и аудиторы играют одну из основных ролей в процессе внедрения положений директивы RED и сертификации предприятий при проведении оценки представленных предприятием доказательств соответствия биотоплива критериям сбалансированного развития. Аудит проводится с соблюдением следующих принципов: беспристрастность, независимость, компетенции и предоставление сертификата, онованное на аудиторском отчете.

Привлеченные и утвержденные аудиторы в ходе процедуры сертификации выполняют оценку уровня соответствия будущего участника системы; подтверждение несоответствия показателям критериев сбалансированного развития является причиной отказа в выдаче сертификата. Показателем для такого процесса являются определенные категории несоответствия (серьезные, мелкие). Серьезные несоответствия должны быть откорректированы, в противном случае сертификат в процедуре надзора за системой может быть приостановлен в действии на установленный период, и в конце концов – отменен.

В процедурах аудита требуется провести оценку части деятельности участников системы, которая непосредственно заключается в критериях сбалансированного развития; разработанные процедуры являются руководством для каждой из сторон (участников системы), в котором разъясняется как получить и оценить условия производства биокомпонентов и производства биотоплива на соответствие требованиям соответствующих национальных положений. В Польше такие положения находятся в стадии разработки Министерством Экономики и в настоящее время доступны в форме Проекта принципов проекта закона о биокомпонентах и жидких видах биотоплива, а также некоторых других законов. В частности, это касается оценки уровня риска, связанного с потенциальным неисполнением требований, в результате чего возникает вероятность появления случаев несоответствия, не позволяющего предоставить или сохранить сертификат. Рекомендованным способом деятель-

ности при процедуре сертификации является аудит третьей стороны. Дополнительно также указывается, что этот процесс должен проводиться с соблюдением принципов конфиденциальности, объективности и беспристрастности, то есть в соответствии с нормой PN EN ISO 45011: Общие требования, касающиеся организаций, осуществляющих руководство системами сертификации изделий [9]. В случае этого требования ключевым остается соотношение с принятыми показателями статистического образца в рамках процедуры сертификации и идентификации цепочки получения сырья, продуктов, отходов и других процессов, существующих с точки зрения оценки уровня соответствия критериям.

Оценке соответствия требованиям критериев сбалансированного развития подвергаются все субъекты, выступающие в цепочке поставок биотоплива. Первым звеном этой цепочки является, как уже было указано выше, сельскохозяйственный производитель. В зависимости от принятых специальных решений в данной добровольной системе сертификации, представитель сельского хозяйства является сертифицированным субъектом, либо только подлежит аудиту. В этом втором случае аудит должен проводиться в рам-



ках сертификации склада зерновых (первого сборного пункта) – следующего звена цепочки.

Допускается проведение оценки в соответствии с тремя методами. Первый включает в себя проведение аудита, главным образом, у малоземельных хозяйственников и организаций производителей и ко-

оперативов. Сертификация является единственной возможностью включения в систему для многих мелких хозяйственников и их доли на рынке продуктов, включенных в систему сертификации, в результате чего могут быть значительно ограничены расходы на сертификацию.

Вторым способом является многосторонняя сертификация, включающая в себя целую цепочку, которая начинается с сельскохозяйственного производителя; учтены также посредники, изготовители и субъекты, занимающиеся скупкой и хранением, а также производители. Следует указать, что такая цепочка должна управляться сверху вниз и иметь внедренные принципы и процедуры внутреннего аудита. В таком случае сертификатом владеет один из субъектов и учитывает всех определенных участников, зарегистрированных по различным юридическим адресам. Сертификат может находиться во владении предприятия, занимающегося скупкой и хранением сырья, который имеет подписанные договора с остальными участниками системы.

Третьим методом является групповой аудит (у сельскохозяйственных производителей), в ходе которого процедура начинается от пункта скупки или посред-

пользование сертификата должно быть опубликовано в средствах массовой информации. Последним требованием процесса сертификации биотоплива является обязательное признание сертификатов, выданных другими, признанными системами ЕС, что ускоряет процедуру, в частности, при широкой географическом диапазоне поставок сертифицированного сырья и продуктов.

Существенным является также тот факт, что вышеуказанные задачи: сертификация биотоплива, требования, касающиеся взятия образцов во время аудита и уровня верификации, консультации с заинтересованными сторонами, процедуры составления замечаний, не перечислены в требованиях Директивы RED либо были указаны в виде концептуальных решений. Многие из этих задач были указаны в коммюнике и решениях, сопровождающих Директиву [10, 11, 12]. Анализ документов наглядно показывает высокий уровень сложности проблемы сертификации биотоплива на соответствие критериям сбалансированного развития.

Внедрение на предприятии требований выбранной системы сертификации, а также необходимость проведения процесса сертификации вызывает дополнительные расходы. Однако, следует указать, что



ника, а остальные участники учитываются в процессе аудита в зависимости от связей, соответствующих заключенным договорам и соглашениям.

Требуется, чтобы процесс аудита в надзоре проводился как минимум раз в определенный период времени. Решение о предоставлении полномочий на ис-

в области и содержании вышеуказанных аспектов можно найти рыночный характер требований на соответствии критериям сбалансированного развития и они могут наблюдаться в категориях воздействия на уровень конкурентоспособности сертифицированного сырья и продуктов. Значение сертификации био-



топлива является различным в области организации внутри предприятия, являющегося участником системы, но должно иметь также и рыночную идентификацию. Внедрение системы сертификации во внешней области должно носить характер отличия продукта с точки зрения соответствия рыночным требованиям или соответствия обязательным для исполнения нормативным актам. С другой стороны ожидается, что система будет ассоциироваться также с получением ценовой премии, главными бенефициарами которой будут первые в цепочке функционирования продукта, то есть сельскохозяйственные производители.

Подведение итогов

Представленный материал не дает однозначного ответа на поставленную в названии статьи проблему: является биотопливо шансом или скорее опасностью для окружающей среды. Развитие рынка биотоплива создает шансы на активизацию, в особенности, сельских территорий, который должен разбудить инновационные подходы, создать новый сектор экономики, и связанные с этим многочисленные рабочие места. Нельзя также забывать о факте уменьшения зависимости от ископаемых видов топлива. С другой стороны следует остерегаться повышенной эксплуатации окружающей среды.

Критерии сбалансированного развития были определены, собственно говоря, для того, чтобы при предусматриваемом росте рынка биотоплива избежать деградации окружающей среды. Возможно ли это реализовать? Каждая из стран-членов ЕС имплементирует положения Директивы RED, а следовательно, требует, чтобы все биокомпоненты, используемые

для производства сырья, соответствовали инструкциям. Это делает Директиву глобальной, так как возникает необходимость соблюдать эти критерии сбалансированного развития также в случае поставщиков не из Европы. Директива была опубликована три года назад и систематически принимается во всех странах, также и в Польше. По своему диапазону действия она охватывает как ряд территорий, касающихся сельскохозяйственного производства, так и процессов переработки биомассы в топливные продукты. Учитывая тот факт, что такой подход к проблеме биотоплива является относительно новым, нельзя исключать, что в результате собранного опыта возникнет необходимость в проведении корректировки положений, представленных в Директиве RED.

Критерии сбалансированного развития не охватывают все проблемы, связанные с биотопливом. Среди прочего не поднимается вопрос о качестве или совместимости с элементами автомобильного двигателя и системы питания.

Существенными для успешного развития биотоплива в Европе являются также социально-экономические аспекты. Высокие расходы на производство, увеличенные в результате необходимости проведения процесса сертификации, являются причиной того, что биотопливо менее конкурентоспособно в отношении в конвенциональным видам топлива.

Подводя итоги сказанного, нельзя однозначно подчеркнуть шансы на развитие рынка биотоплива, как в Польше, так и в Европе. В настоящее время действия должны стимулировать развитие и поиск новых, на более благоприятных для окружающей среды, путей производства биотоплива.

*Авторы являются научными сотрудниками
Института Нефти и Газа в Кракове.*

Литература

- 1) Carbon Intensity of Crude Oil in Europe Crude. Energy – Redefined LLC, 2010, http://www.theicct.org/pubs/ICCT_crudeoil_Europe_De2010.pdf
- 2) http://re.jrc.ec.europa.eu/biof/html/input_data_ghg.htm
- 3) DRAFT prEN 16214-4Sustainably produced biomass for energy applications - Principles, criteria, indicators and verifiers for biofuels and bioliquids - Part 4: Calculation methods of the greenhouse gas emission balance using a life cycle analysis.
- 4) Göran Berndes (Chalmers University of Technology) Contributing authors: Neil Bird (Joanneum Research) and Annette Cowie (National Centre for Rural Greenhouse Gas Research) "Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation" Report for Policy Advisors and Policy Makers, IEA Bioenergy: ExCo:2010:03.
- 5) <http://www.ifqc.org/WhatsNewDetails.aspx?NewsId=4452>
- 6) Директива Европейского Парламента и Совета 2009/28/WE от 23 апреля 2009 года «о популяризации использования энергии из регенерационных источников», изменяющая и в дальнейшем отменяющая директивы 2001/77/WE и 2003/30/WE (Правительственный Вестник ЕС № L 140/16 от 9.06.2009 г.)
- 7) Коммюнике Комиссии о практическом внедрении европейской системы критериев сбалансированного развития биотоплива и биожидкостей, а также обязательных принципов расчета в отношении биотоплива от 19.06.2010 г. (Правительственный Вестник ЕС C 160/8 с 2010).
- 8) PN-EN ISO19011: Инструкции. Касающиеся аудита систем управления.
- 9) PN EN ISO 45011 Общие требования, касающиеся организаций, осуществляющих управление системами сертификации изделий.
- 10) Коммюнике Комиссии о добровольных системах и стандартных показателях в системе критериев сбалансированного развития для топлива и биотоплива (Правительственный Вестник ЕС C 160/1 с 2010).
- 11) Коммюнике Комиссии о практическом внедрении европейской системы критериев сбалансированного развития биотоплива и биожидкостей, а также обязательных принципов расчета в отношении биотоплива 2010/C 160/02.
- 12) Решение Комиссии от 10 июня 2010 года «О инструкциях, касающихся расчета ресурсов углерода в земле» для целей приложения V к Директиве RED 2010/335/UE.



BRENNTAG 

**Химическая продукция
для нефтедобывающей
и газодобывающей
промышленности**



BRENNTAG

Предложение Brenntag Polska

Brenntag Polska является крупнейшим в Польше дистрибьютором химического сырья, используемого почти во всех отраслях промышленности. Мы предлагаем стандартное и специализированное химическое сырьё, пластмассы, каучуки, а также услуги, позволяющие повысить эффективность работы наших клиентов, такие как распоряжение возвратной и безвозвратной тарой, приёмка и организация утилизации химических отходов производства, расфасовка в сборные упаковки, и многие другие.

Brenntag Polska является одним из многочисленных предприятий группы Brenntag, мирового лидера в области дистрибуции химического сырья, что обеспечивает нам прямой доступ к источникам сырья и технологиям во всём мире, а также сильные позиции в отношениях с поставщиками.

В рамках оказываемых нами услуг в Вашем распоряжении 15 наших хранилищ, расположенных по территории всей Польши, а также наш коллектив, который проведет тщательную техническую экспертизу в каждой из указанных областей. Brenntag и его подразделение Нефть и газ в состоянии обеспечить Вас любыми химическими продуктами, теми, которые используются для приготовления буровых растворов, жидкостями для систем нагрева и охлаждения, а также химикатами, применяемыми в процессе добычи.

Сильная международная организация обеспечивает нашим клиентам самый широкий выбор продуктов на рынке по разумным ценам и выгодные условия сотрудничества. За обслуживание предприятий нефтяного и газового сектора в Brenntag Polska отвечает подразделение Технологии нефти и газа, в котором Вы найдёте компетентных и доброжелательных партнеров, готовых в любую минуту оказать помощь, касающуюся предлагаемой нами продукции и технологий. Кроме помощи в подборе необходимого Вам сырья и технологий, наши специалисты предоставят Вам профессиональную техническую поддержку, как на этапе внедрения, так и в ходе текущей эксплуатации систем, где используется наша продукция. Сотрудники отдела технической помощи в случае необходимости всегда рядом и окажут поддержку в области использования продуктов, решения проблем, связанных с работой системы, стратегий мониторинга и обучения верификации на объектах.

В задачи таких сотрудников входит, кроме того, составление таблиц результатов коррозионного мониторинга и координация требований в отношении лабораторного тестирования. Brenntag Polska располагает базой, необходимой для этих целей: логистической инфраструктурой и техническим оборудованием, в том числе, аналитическими и исследовательскими лабораториями, а также персоналом самой высокой квалификации.

Рекомендуем обратиться к нашей интернет-странице, где можно найти интересную информацию о Brenntag Polska, а также обширные сведения на предмет нашего ассортимента, включая техническую документацию продуктов. Зарегистрированные пользователи интернет-страницы могут, кроме того,

**BRENNTAG**

пользоваться инструментами он-лайн, обеспечивающими быструю связь с персоналом нашей фирмы и позволяющими отслеживать финансовые операции, проводимые в рамках сотрудничества.

В ассортименте фирмы Brenntag Polska имеется ряд исключительных продуктов, помогающих избежать проблем, характерных для нефтяной промышленности.

В перечень продукции входят:

- ингибиторы и диспергаторы парафинов и асфальтенов;
- ингибиторы коррозии непрерывного и периодического дозирования;
- ингибиторы образования гидратов;
- ингибиторы органического осадка;
- деэмульгаторы непрерывного и периодического дозирования;
- нейтрализаторы сероводорода;
- диспергаторы асфальтенов и сульфидов железа;
- пенящие средства;
- биоциды.

Следующую группу продукции в ассортименте Brenntag Polska составляют материалы, применяемые в буровой отрасли. В числе прочего, это различного типа:

- загустители;
- защитные коллоиды;
- утяжелители;
- сжижители;
- блокаторы;
- ингибиторы набухания глинистых пород;
- нейтрализаторы сероводорода и кислорода;
- пеноотделители;
- функциональные добавки;
- поверхностно активные вещества.

Подробную информацию на предмет нашего коммерческого предложения можно получить на интернет-странице по адресу www.brenntag.pl в разделе Нефть и газ – Продукция

Биодеградируемые масла и смазочные средства

Экология на отечественном железнодорожном транспорте

АННА ЗАЕЗЕРСКА

Введённые несколько лет назад законодательные предписания, а также растущее экологическое сознание и природоохранная политика ведут ко всё более широкому использованию в народном хозяйстве средств, способных к биодеградации: для смазки машин и механизмов, работающих в водозаборных и лесных зонах, государственных заповедниках и других, где нельзя допустить длительного загрязнения местности в случае аварии. Они находят применение также в машинах и механизмах со сквозной смазкой, в которых нет возможности собрать отработанные масла; эти масла безвозвратно теряются, загрязняя окружающую среду.

По оценкам, в странах Европы, при уровне потребления смазочных средств порядка 4,5 млн. Мг (тонн), около 600 тыс. Мг попадает в почву и грунтовые воды. В Соединённых Штатах при общем потреблении смазочных средств 9 млн. Мг, безвозвратно теряется около 1,5 млн. Мг [1, 2]. В свою очередь в Швейцарии, передовой в отношении охраны

В настоящее время применение биодеградируемых смазочных средств с традиционных областей расширяется на новые отрасли экономики; эти средства внедряются в промышленности, автомобильном и железнодорожном транспорте.

окружающей среды стране, примерно на 60 тыс. Мг потребляемых смазочных средств, почти 40 тыс. подвергается вторичной переработке, и только 4 тыс. Мг теряется безвозвратно [1, 2].

В настоящее время применение биодеградируемых смазочных средств с традиционных областей расширяется на новые отрасли экономики; эти средства внедряются в промышленности, автомобильном и железнодорожном транспорте.

Прогресс в области альтернативных смазочных средств отражается также в установлении новых критериев, которые требуется учитывать при составлении рецептур конечных продуктов, т. е. биодеградируемости, биоаккумуляции, токсичности, экотоксичности, эмиссии в атмосферу [1, 2]. Авторы публикаций настаивают даже на необходимости изменения сознательности потребителя, который скорее должен пользоваться понятием "смазочное средство, приемлемое для окружающей среды" [1].

В перспективных современных решениях, в узлах трения машин и механизмов, там, где это обосновано, должны использоваться альтернативные смазочные средства типа "for-life-lubrication". Предлагается производить эти средства в т. н. "цикле жизни", через сбор отработанных масел, подвергаемых затем процессу вторичной переработки путём фракционированной перегонки, изменению химического состава в процессах переработки и направления в качестве вторичного материала на смешивание и дистрибуцию, а также повторное использование [1].



Рис. 1. Использование биodeградируемого масла ИНИГ в тяговых транспортных средствах, эксплуатируемых АО PKP Cargo

Компоненты биodeградируемых смазочных средств

Для производства биodeградируемых смазочных средств используются следующие виды масел:

- сложноэфирные масла природного происхождения, в основном рапсовое, соевое, подсолнечное;
- синтетические сложные эфиры жирных кислот, в основном эфиры дикарбоксилых кислот и моноспиртов, эфиры низкомолекулярных монокарбоксилых кислот и полиспиртов [1–4].

Наибольшее хозяйственное значение имеют смазочные средства, производимые из рапсового масла, которое отличается хорошими противоизносными и противозадирными характеристиками, высокой температурой возгорания, а также высокой степенью биологического разложения. Однако у него низкая термическая стабильность, что связано с присутствием в составе масла полиненасыщенных кислот, и худшие низкотемпературные характеристики по сравнению с минеральными и сложноэфирными синтетическими маслами.

Что касается компонентов, используемых в качестве загустителей пластичных смазок, в биodeградируе-

мых смазках допускается большинство традиционных загустителей, т. е. металлических солей жирных кислот. Рекомендуется, однако, использовать кальциевые соли и модифицированный бентонит (алюминогидро-силикат) как соединения, родственные присутствующим в природной среде (почве) [5–8]. Кроме перечисленных типов загустителей в литературе описаны также биodeградируемые смазки, изготовленные из растительных масел и полимочевинных загустителей [9]. Способность загустителей к биodeградации зависит от их химического состава. Металлические соли высокомолекулярных жирных кислот, способны к полной биodeградации. В неорганических загустителях биodeградации подвергается только органический гидрофобизатор, составляющий 10÷20% массы загустителя [2, 8].

Присадки, вводимые в биodeградируемые средства, должны отвечать критериям биodeградируемости и нетоксичности, в то время как компоненты со способностью к биodeградации менее 70%, могут применяться в ограниченном объеме: их доля не должна превышать 5% [1, 2].

В качестве ингибиторов коррозии в биodeградируемых смазках чаще всего используются сложные эфиры оксиянтарной кислоты (с биodeградируемостью более 80%) и сульфонат кальция (с биodeградируемостью

Таблица 1. Биodeградируемое смазочное масло для железнодорожного транспорта – типовые параметры качества

Параметры качества	Биodeградируемое масло	Методы исследований
Кинематическая вязкость при температуре 40°C [мм ² /с]	463	PN-EN ISO 3104:2004
Температура текучести [°C]	-21	PN-ISO 3016:2005
Противоизносные характеристики в испытаниях на 4-х шариковой машине, диаметр следа износа [мм]	0,35	PN-EN ISO 20623:2010
Противоизносные характеристики в испытаниях на 4-х шариковой машине, нагрузка сваривания [N]	2500	PN-EN ISO 20623: 2010
Антикоррозионные характеристики	Отсутствие коррозии	PN-ISO 7120: 2011
Биodeградируемость в воде [%]	87,1	CEC L-33-A-94

более 60%). В качестве присадок к смазкам наиболее распространены и допущены требованиями международных природоохранных организаций, продукты на основе специально подобранного натурального сырья, сульфитированного в консервирующих условиях (содержание серы 12÷15%), характеризующиеся способностью к биodeградации порядка 80%, а также соединения серы и фосфора [6, 9–11].

В качестве ингибиторов окисления используются соединения, аналогичные используемым в традиционных пластичных смазках, т. е. присадки типа ароматических аминов (производные дифениламина), а также замещенные пространственно затрудненные фенолы [6, 9]. Оба типа соединений классифицированы как средства WGK-1 и WGK-2, которые в случае попадания в почву представляют собой небольшую или среднюю опасность для грунтовых вод.

Биodeградируемые смазочные средства на железнодорожном транспорте

В последние годы на железнодорожном транспорте отмечается растущая заинтересованность использованием биodeградируемых смазочных средств в системах сквозной смазки ходовых частей. В процессе эксплуатации транспортных средств по рельсам, особенно на кривых участках пути, элементы колёсных пар подвергаются механическому износу. Конструкционные решения предусматривают использование стальных бандажей, которые по достижении определённой степени износа подлежат периодической замене.

С целью ограничения износа элементов и увеличения пробега между ремонтами применяются смазки

гребней колёс маслами и пластичными смазками. Эти средства, вводимые с помощью систем сквозной смазки, попадают в почву и грунтовые воды. Введение биodeградируемых средств вместо использовавшихся до сих пор традиционных масел и смазок позволяет предпринять природоохранные меры в новой отрасли народного хозяйства. Такие решения уже несколько лет применяются в странах, являющихся лидерами в области охраны природной среды, т. е. в Германии и скандинавских странах.

В Институте Нефти и Газа уже несколько лет ведутся исследовательские проекты, связанные с проблемой биodeградируемых смазочных средств. Опережая природоохранное правотворчество польских законодательных органов, в программу исследований были включены также смазочные средства с высокой степенью биологического разложения, с учётом требований к параметрам качества отечественного железнодорожного транспорта (сотрудничество ИНИГ и АО PKP Cargo, в числе прочего, в области требований к качеству продуктов). В результате работ, проводимых на собственные средства, а также проектов с дополнительным финансированием Евросоюза из Европейского фонда регионального развития, были разработаны технологии биodeградируемых смазочных средств, предназначенных для использования на железнодорожном транспорте для смазки гребней колёс ходовых систем рельсовых транспортных средств: биodeградируемая смазка и полужидкая пластичная смазка. В качестве компонентов смазочного масла было использовано сложное природное происхождение и специально подобранные присадки из группы присадок, допущенных Европейским законодательством для применения в биodeградируемых смазочных средствах.

Биodeградируемое масло отличается повышенными противоизносными характеристиками, благо-



Рис. 2. Размещение депо подвижного состава АО PKP Cargo, где применяется биodeградируемое смазочное масло ИНИГ

даря чему ограничивает механический износ гребней колёс тяговых транспортных средств. Положительными эксплуатационными параметрами масла, влияющими на эксплуатационную прочность ходовых систем, являются также хорошие реологические свойства, сохраняющиеся в широком диапазоне температур, и позволяющие эксплуатировать масло в течение всего сезона, а также высокая степень биологического разложения. Типовые характеристики биodeградируемого масла для железнодорожного транспорта приведены в таблице 1.

Новаторский характер технологического решения производства биodeградируемого смазочного масла для железнодорожного транспорта был подтвержден полученным патентом PL 206.170.

Опытные партии масла были направлены на эксплуатационные испытания в колёсных парах локомотивов АО PKP Cargo. В ходе двухгодичной эксплуатации под

наблюдением, проводившимся в течение всего сезона, включая летние и зимние условия, были подтверждены хорошие эксплуатационные характеристики масла, т. е. ограничение механического износа стальных элементов гребней колёс. Это позволило продлить периоды между ремонтами тяговых транспортных средств и получить измеримый экономический эффект. После получения положительных результатов эксплуатационных испытаний биodeградируемая смазка получила подтверждение качества и была допущена к применению в рельсовый транспортных средствах, используемых АО PKP Cargo.

В настоящее время АО PKP Cargo в своей обновленной инструкции смазки, включающей тепловые и электрические локомотивы, рекомендует использовать разработанное ИНИГ биodeградируемое масло вместо использовавшегося до сих пор традиционного минерального масла, получаемого из нефти.

Таблица 2. Биodeградируемая смазка для железнодорожного транспорта – типовые параметры качества

Параметры качества	Биodeградируемая смазка	Методы исследований
Пенетрация при температуре 20°C [мм/10]	421	PN-EN ISO 2137:2011
Температура каплеобразования [°C]	93	PN-ISO 2176:2011
Устойчивость к воздействию воды	устойчива	DIN 51 807 cz. 1
Пенетрация при температуре -20°C [мм/10]	227	PN-EN ISO 2137:2011
Противоизносные характеристики в испытаниях на 4-х шариковой машине, диаметр следа износа [мм]	0,55	PN-EN ISO 20623:2010
Противоизносные характеристики в испытаниях на 4-х шариковой машине, нагрузка сваривания [N]	2500	PN-EN ISO 20623: 2010
Антикоррозийные характеристики	отсутствие коррозии	PN-ISO 7120: 2011
Биodeградируемость в воде [%]	75	CEC L-33-A-94
Биodeградируемость в почве (100 мг смазка/1000 г почвы) полная минерализация [дней]	80	Манометрическая респирометрия Метод C.4-D

Производство биodeградируемого смазочного масла было запущено ИНИГ в подразделении технологии нефтепродуктов. Разработанное масло находится в непрерывном производстве, а подтверждением его хороших эксплуатационных характеристик являются заказы, получаемые ИНИГ от компаний, входящих в группу АО PKP Cargo.

Полужидкая биodeградируемая смазка

Другой вид конструкции систем смазки, применяемый в настоящее время в железнодорожных ходовых системах, предусматривает применение полужидкой смазки. Исследования технологии производства биodeградируемой смазки проводились с применением в качестве сгущающего агента 12-гидроксистеарат кальция. Для получения необходимых реологических характеристик при низких температурах, обеспечивающих хорошую прокачиваемость продукта в системах смазки, был использован состав из растительного и сложноефирного синтетического масла. Положительные результаты эксплуатационных испытаний позволили польским предприятиям железнодорожного транспорта принять этот продукт на вооружение. Разработанная смазка, кроме хороших противоизносных характеристик, отличается также низким фрикционным сопротивлением и

хорошими пусковыми свойствами. Его дополнительным достоинством является высокая степень биологического разложения, установленная в отношении почвы и грунтовых вод. Технология производства смазки охраняется патентной заявкой P 394.099.

В настоящее время биodeградируемая смазка включена в ассортимент продуктов, производимых в рамках малотоннажного производства ИНИГ в подразделении технологии нефтепродуктов.

Разработанная биodeградируемая смазка с успехом применяется также в городском транспорте в качестве средства ограничения шума, эмитируемого при эксплуатации рельсовых транспортных средств, особенно на кривых участках путей и железнодорожного полотна, расположенных поблизости от жилых районов.

Резюме

Железнодорожный транспорт является одним из основных секторов народного хозяйства; в настоящее время Польские государственные железные дороги располагают парком, насчитывающим около двух тысяч электрических и тепловых локомотивов. Проблемы, связанные с экологией этого сектора связаны с повышением эффективности использования топлива, а также возможностью применения альтернативных видов

топлива. В поддержку этих мер законодательные органы Европейского Союза приняли Директиву по биотопливу 2003/30/ЕС.

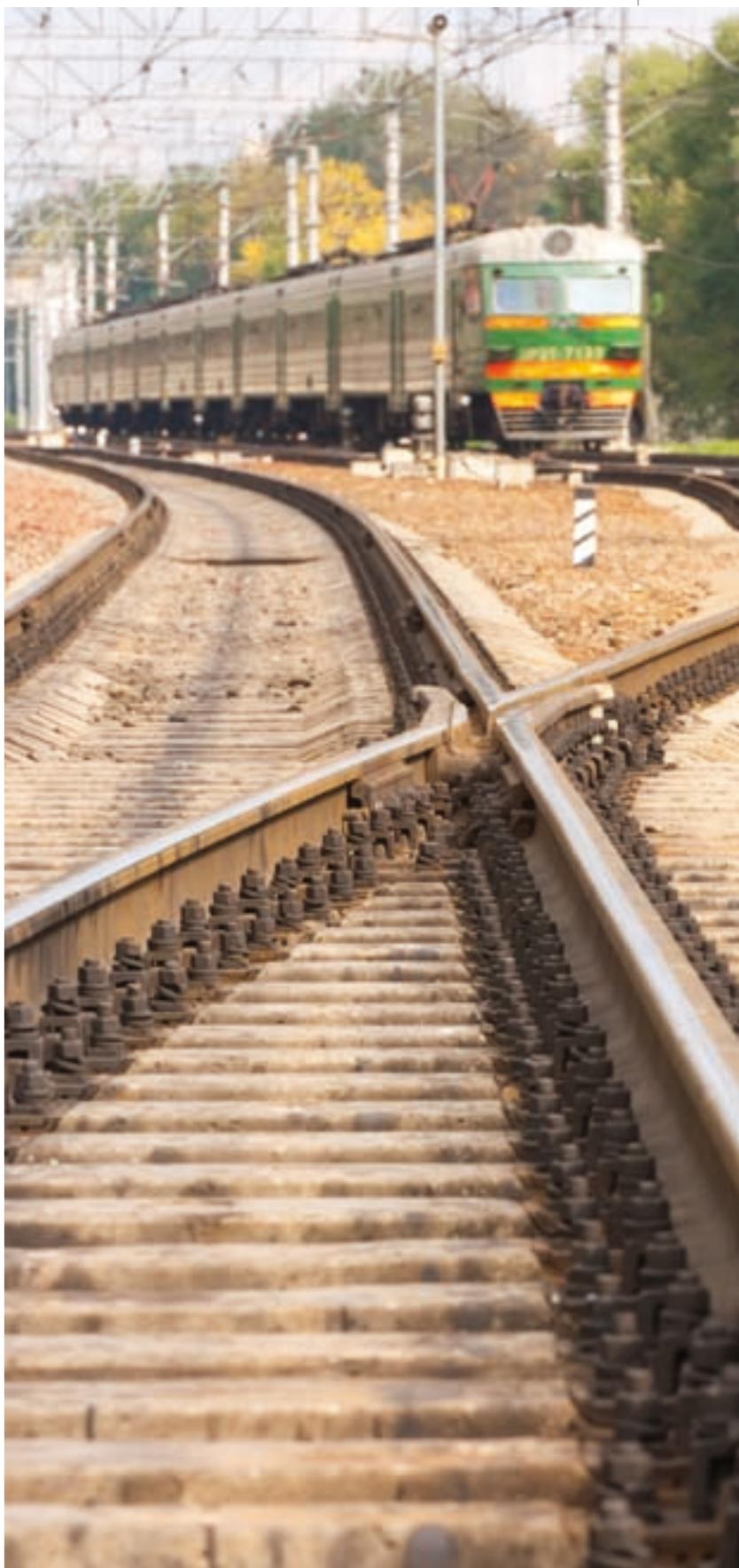
В настоящее время в Европейской Комиссии идут дискуссии в отношении биodeградируемых смазочных средств для нужд железнодорожного транспорта. До настоящего времени появилось Сообщение Комиссии для Европарламента и Совета на предмет экологически чистого транспорта COM (2008) 433 и заявка в Европейскую Комиссию и Европарламент по вопросу отходов компонентов, используемых для заправки двигателей транспортных средств, эксплуатируемых в сельском хозяйстве и лесной промышленности COM (2007) 840.

В этом отношении тематика работ и исследований, проводимых ИниГ, соответствует стратегии, следующей из будущих рекомендаций и директив законодательных органов Европейского Союза. Это перспективные и опережающие действия, связанные с производством и применением биodeградируемых смазочных средств в народном хозяйстве.

*Автор – научный сотрудник
Института Нефти и Газа*

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Stempfel E.M.: *Practical Experience with Highly Biodegradable Lubricants, Especially Hydraulic Oils and Lubricating Greases*. NLGI Spokesman, 62, 1, 8–22 (1998).
- 2) Korff J., Cristino A.: *Requirements for Environmentally Acceptable Greases According to "Blue Angel Regulation"*. NLGI Spokesman, 64, 8, 22–28 (2000).
- 3) Szalajko U., Fiszler S., Klomfas J.: *Die Schmiereigenschaften der semisynthetischen Öle, gewonnenen auf der Basis des Rapsöls*. *Tribologie – Schmierungstechnik* 48, 2, 78–88 (1997).
- 4) *Industrial Lubrication and Tribology. Product review. Alternative lubricant base stocks*. 49, 2, 78–88 (1997).
- 5) Stempfel E.M., Schmid L.A.: *Biodegradable Lubricating Greases*. NLGI Spokesman, 55, 25–33 (1991).
- 6) Fessenbecker A., Korff J.: *Additive für ökologisch unbedenklichere Schmierstoffe*. 9 International Colloquium „Ecological and Economicae Aspects of Tribology“. Esslingen, January 1994. Ed. W. Bartz, 1994 11.12 – 1 – 11.12 – 14.
- 7) Kyriakopoulos C.: *Aluminium Complex Greases Formulated with Biodegradable Base Oils*. NLGI Spokesman, 59, 2, 10–23 (1995).
- 8) Loderer D.: *Lifetime Lubrication of Rolling Bearings with Rapidly Biodegradable Lubricating Greases*. NLGI Spokesman, 59, 2, 16–20 (1995).
- 9) Roehrs I., Rosrucker T.: *Performance and Ecology – Two Aspects for Modern Greases*. NLGI Spokesman, 58, 12, 474–483 (1995).
- 10) Korff J., Fessenbecker A.: *Additives for Biodegradable Lubricants*. NLGI Spokesman, 57, 3, 107–113 (1993).
- 11) Norrby T., Kopp M.: *Environmentally adapted Lubricants in Swedish forest industry – a critical review and case study*. *Industrial Lubrication and Tribology*, 52, 3, 116–124 (2000).



Этаноловое топливо E85 как конкурент для традиционных видов нефтяного топлива

Будущее автомобилестроения – ориентация на E85?

МАРТИНИКА ПАЛУХОВСКА

Нефтяной кризис 70-х годов прошлого века стал с одной из главных причин использования этанола в качестве топлива в странах Северной и Южной Америки.

В Соединённых Штатах уже с 80-х годов прошлого века применение этанола и других кислородосодержащих соединений осуществляется через обязательную программу их введения в топливо с целью снижения эмиссии двигателей. В документе от 1992 г. U.S. Department of Energy's – *Energy Policy Act* (EPA Act) [1] определены цели, касающиеся энергетической безопасности страны и улучшения качества и природной среды [2]. В соответствии с этим документом, этаноловое топливо E85 считается в США альтернативным видом топлива. Оно используется

Автомобили FFV, предназначенные для работы на этаноловом топливе E85, в настоящее время широко доступны в Соединённых Штатах и Бразилии. В Европейском Союзе рынок этих транспортных средств находится на этапе ускоренного развития. Последовательно увеличивается число производителей машин, которые расширяют свой ассортимент за счёт модели FFV.

для приведения в движение двигателей транспортных средств FFV (с англ. flexible fuel vehicles) предлагаемых на американском рынке в широком ассортименте моделей. Стандартизированный состав этого топлива – 85% этанола и 15% моторного бензина.

Содержание моторного бензина в этаноловом топливе E85 позволяет двигателям транспортных средств FFV бесперебойно работать при низких температурах, в противоположность 100% этанолу, с которым в аналогичных условиях возникают проблемы. Мониторинг качества этанолового топлива E85, проведенный в США в 2007-2009 годах, показал, что его характеристики не соответствовали требованиям спецификации в отношении минимального и максимального содержания этанола, а также минимального давления паров [3, 4, 5]. Они состояли в установлении предельного содержания этанола в топливе E85 по отдельным климатическим классам. Минимальная доля этанола в E85 была установлена на уровне 68% (V/V), а максимальная – 83% (V/V). Стимулирование использования этанолового топлива E85 в США основано на финансовых стимулах, сформированных таким образом, чтобы стоимость этого топлива и моторного бензина были сравнимыми в пересчёте на километр.

В Бразилии использование этанолового топлива для автомобильных двигателей является повсеместным. Эта страна имеет самый большой опыт в производстве моторного бензина с добавлением этанола, будучи мировым лидером в производстве топливного этанола. На бразильском рынке продаётся моторное топливо для автомобилей с искровым зажиганием, в которых содержание этанола составляет 24% (V/V) – E24 либо 100% (V/V) – E100, причём спирт добавляется в моторный бензин в соответствии с федеральным законодательством, в процентном соотношении, установленном министром сельского хозяйства [6, 7].

Таблица 1. Транспортные средства flexi fuel vehicle's предлагаемые в странах Европейского Союза [12]

СТРАНА	МАРКА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА FFV (данные на начало 2009 года)
Австрия	Ford, Renault, Saab, Volvo
Бельгия и Люксембург	Saab, Volvo
Дания	Ford, Saab
Франция	Cadillac, Citroen, Dacia, Ford, Hummer, Jeep, Lotus, Peugeot, Renault, Saab, Volvo
Германия	Ford, Saab, Skoda, Volvo
Ирландия	Citroen, Ford, Renault, Saab, Volvo
Италия	Ford, Saab, Volvo
Голландия	Cadillac, Chrysler, Citroen, Dodge, Ford, Hummer, Mitsubishi, Peugeot, Saab, Volvo
Польша	Ford
Испания	Citroen, Ford, Peugeot, Renault, Saab, Volvo
Швеция	Audi, Cadillac, Chevrolet (NAV), Chrysler, Citroen, Dacia, Ford, GM (NAV), Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Renault, Saab, Seat, Skoda, Volvo, VW
Швейцария	Cadillac, Chevrolet (NAV), Chrysler, Citroen, Ford, GM (NAV), Renault, Saab, Volvo
Великобритания	Citroen, Ford, Renault, Saab, Volvo
В целом по Европе	Audi, Cadillac, Chevrolet (NAV), Chrysler, Citroen, Dacia, Dodge, Ford, GM (NAV), Hummer, Jeep, Lotus, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Renault, Saab, Seat, Skoda, Volvo, VW

В Европейском Союзе многие годы проводится политика содействия использованию в автомобильном транспорте энергии из возобновляемых источников. С этой целью производителей горючего поощряют к увеличению доли этанола из обновляемых источников в топливе для автотранспортных средств, оборудованных двигателями с искровым зажиганием. Европейские Директивы RED [8] и FQD [9], выпущенные в 2009 году, позволяют увеличить содержание этанола в обычном моторном бензине до 10% (V/V), а также создать рынок транспортных средств, оборудованных двигателями с гибким выбором топлива, т. н. flexible fuel vehicles, приводимых в движение как бесвинцовым моторным бензином, так и этаноловым топливом E85.

Для развития в Европейском Союзе рынка транспортных средств FFV, а также обеспечения их функциональности, Европейский комитет по стандартизации CEN разработал спецификацию CWA 15293: 2005 [10], где определён необходимый минимум в отношении качества этанолового топлива E85, позволяющий ввести его на рынок. Однако вскоре транспортные средства FFV подпали под ужесточенные требования нормы выбросов Евро 5, которые начали действовать с сентября 2009 г. [6]. По этой причине

не требования, содержащиеся в CWA, оказались недостаточными, чтобы соответствовать европейским эмиссионным нормам. Поэтому следующим шагом была разработка опубликованной в феврале 2011 г. технической спецификации CEN/TS 15293: 2011 [11], которая изменила пороговые значения некоторых коэффициентов качества, введя лимиты дополнительных параметров. Различия по сравнению с исходным документом, т. е. CWA, касаются:

- ужесточения требований к октановым числам и содержанию серы;
- изменения требований к таким параметрам, как содержание высших спиртов (C₃–C₅), эфиров, воды, неорганических хлоридов, фосфора;
- введения климатических классов, регулируемых диапазоном давления паров, связанным с содержанием в топливе этанола;
- введения таких дополнительных параметров качества, как плотность, содержание меди, сульфатов, а также электропроводность;
- изъятия из спецификации таких параметров, как внешний вид, содержание бесвинцового моторного бензина, температуры конца перегонки и дистилляционных остатков.

Транспортные средства FFV, предлагаемые на европейском рынке

Автомобили FFV, предназначенные для работы на этаноловом топливе E85, в настоящее время широко доступны в Соединённых Штатах и Бразилии. В Европейском Союзе рынок этих транспортных средств находится на этапе ускоренного развития. Постоянно увеличивается число производителей машин, которые расширяют свой ассортимент за счёт модели FFV. Цены этих автомобилей устанавливаются на уровне их эквивалентов, заправляемых обычным моторным бензином. Автомобили FFV предлагаются на европейском рынке в широком ассортименте моделей: от небольших легковых, до легких и тяжелых доставочных [12].

Рынок автомобилей, проданных в Европейском Союзе, постоянно расширяется, и в 2008 г. количество проданных транспортных средств FFV составило 79 тыс. автомобилей; больше всего было продано в Швеции (ок. 60 тыс. штук), благодаря чему по популярности FFV эта страна обогнала Германию, Голландию и Францию [12]. Однако доступность марок и моделей автомобилей FFV в ЕС варьируется по странам-членам Евросоюза, и зависит от развития рынка. В таблице 1 обобщённо представлено, какие марки автомобилей FFV в настоящее время можно приобрести в странах ЕС.

щей эмиссии CO₂ в Европейском Союзе [13], касается эмиссии таких компонентов выбросов, как оксиды азота NO_x, окись углерода CO, несгоревшие углеводороды HC, твёрдые частицы PM, а также эмиссии диоксида углерода CO₂ как составляющей парниковых газов GHG. График ограничения вредных компонентов выбросов NO_x, CO, HC, PM содержит нормы выбросов Евро. План ограничения CO₂ приведён в Регламенте Европарламента и Совета (ЕС) № 443/2009 от 23 апреля 2009 г. с указанием нормы выбросов для новых легковых автомобилей в рамках интегрированного подхода Содружества к снижению выбросов CO₂ от лёгких доставочных транспортных средств [14].

В таблице 2 приведены другие требования европейских норм эмиссии таких вредных компонентов выбросов, как CO, HC, NO_x и PM от лёгких легковых автомобилей с двигателем с искровым зажиганием.

Средняя эмиссия CO₂ от новых автомобилей резко упала в течение последних 10 лет. Прежде всего, этому способствовало усовершенствование технологии транспортных средств, конструкции двигателей и систем очистки выбросов, а также улучшение качества топлива, в основном путём снижения содержания серы до уровня менее 10 мг/кг.

Новые правила Евросоюза [14], касающиеся эмиссии CO₂ от легковых автомобилей, относятся к одним из самых строгих норм в автомобильной промышленности, связанных с защитой окружающей среды.

Таблица 2. Европейские нормы эмиссии вредных компонентов выбросов от лёгких легковых автомобилей с двигателем с искровым зажиганием [15, 16, 17]

Норма:	Евро 4	Евро 5	Евро 6
Дата введения:	январь 2005 г.	сентябрь 2009 г.	сентябрь 2014 г.
Максимально допустимое значение эмиссии вредных компонентов выбросов от лёгких легковых автомобилей с двигателем с искровым зажиганием, г/км			
Окись углерода CO	1,0	1,000	1,000
Несгоревшие углеводороды – HC	0,100	0,100	0,100
Оксиды азота – NO _x	0,08	0,060	0,060
Твёрдые частицы – PM	-	0,005*	0,005*

* касается только двигателей с прямым впрыском

Законодательное регулирование ЕС эмиссии загрязнений от выбросов легковых автомобилей

Политика сокращения загрязнений за счёт сектора автомобильного транспорта, который даёт 12% об-

Этот законодательный документ определяет необходимость сокращения CO₂ до 130 г/км для среднего нового парка автотранспорта путём дальнейшего совершенствования технологии конструкции двигателей. Продолжение сокращения эмиссии до целевого уровня 120 г CO₂/км должна иметь место в результате последовательного совершенствования технологии

транспортного средства, а также расширения использования биотоплива, соответствующего критериям сбалансированного развития [14].

Ключевыми моментами упомянутого регламента для легковых автомобилей являются [14, 18]:

- сокращение выбросов CO₂ новыми автомобилями до 120 г/км, в том числе, сокращение в размере 10 г/км должно достигаться за счёт повышения доли биотоплива;
- график достижения упомянутой цели следующий:
 - » 65% новых автомобилей будет соответствовать требованиям в 2012 г.,
 - » 75% в 2013 г.,
 - » 80% в 2014 г.,
 - » 100% в 2015 г.;
- внедрение экологических инноваций поставщиком или производителем автомобилей, позволяющих снизить его целевой индивидуальный уровень эмиссии CO₂, даст возможность получить вычет до 7 г CO₂/км;
- выгодные кредиты для покупателей транспортных средств, эмитирующих менее 50 г CO₂/км;
- нишевые производители машин (от 10 тыс. до 300 тыс. штук) могут подать в Еврокомиссию заявку на отступление от правил, однако, не более 25% по отношению к сокращению среднего индивидуального уровня выбросов CO₂ в 2007 году;
- средняя эмиссия CO₂ нового автомобиля в 2020 году не выше 95 г/км, после точной оценки поставленной цели;
- предложение скользящей шкалы наложения штрафов за неисполнение требований ограничения CO₂; производители, превышающие их цель более чем на 3 г/км, заплатят 95 Евро за каждый грамм. Более низкие сборы, от 5 Евро и 25 Евро предусмотрены для диапазона превышения от 1 до 3 г/км;
- после пересмотра с учётом эволюции массы новых легковых автомобилей, зарегистрированных в Содружестве, а также любых изменений в законодательной процедуре контроля замеров индивидуальных уровней выбросов CO₂, цели эмиссии диоксида углерода могут быть скорректированы и будут подвергаться пересмотру каждые три года.

В соответствии с положениями Регламента (WE) № 443/2009 от 23 апреля 2009 г. [14], использование некоторых альтернативных видов топлива может обеспечить значительное сокращение выбросов CO₂ на всех этапах топливной цепи. Поэтому этот Регламент содержит подробные требования, направленные на продвижение на рынке Европейского Союза транспортных средств, приводимых в движение альтернативным топливом, в том числе, транспортных средств FFV. В Статье 6 Регламента говорится о целевых индивидуаль-

ных уровнях выбросов CO₂ для транспортных средств на альтернативное топливо. Запись в этой статье способствует расширению использования этанолового топлива E85 для приведения в движение автомобилей с двигателями с искровым зажиганием. С учётом этого предлагается, чтобы индивидуальный уровень эмиссии CO₂ для каждого автомобиля, который может быть адаптирован на этаноловое топливо E85, которое в свою очередь отвечает требованиям соответствующих норм Содружества и европейской спецификации, был снижен на 5% до 31 декабря 2015 г. Однако это сокращение можно применить только в случае, если в данной стране-члене Евросоюза, где зарегистрировано транспортное средство, не менее 30% автозаправочных станций будет предлагать этаноловое топливо, и оно будет соответствовать критериям сбалансированного развития, определённым для биотоплива Директивами RED и FQD.

Источники эмиссии вредных субстанций при использовании этанолового топлива E85

Несмотря на то, что E85 является альтернативным топливом, его использование и хранение также при-



водит к эмиссии токсичных загрязнений, химических субстанций и парниковых газов. Эти загрязнения являются предметом законодательного регулирования, о котором упоминалось выше. Эмиссия загрязнений в атмосферный воздух имеет место в результате испарения топлива и его сгорания в автомобильных двигателях. Однако эмиссия, источником которой яв-

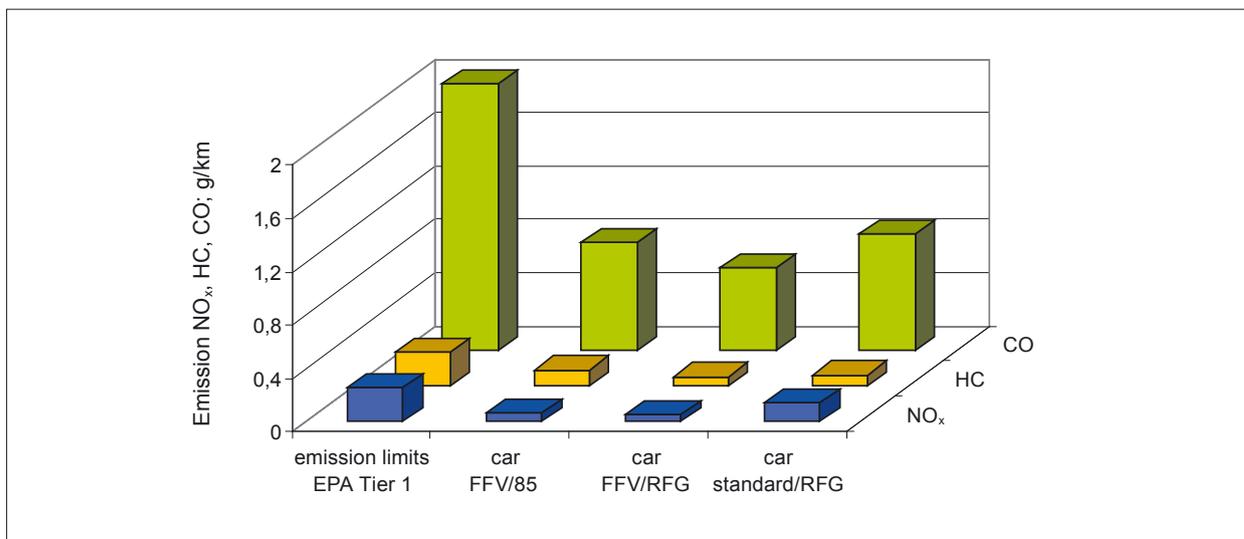


Рис. 1. Сравнение выбросов NO_x, HC, CO от автомобилей

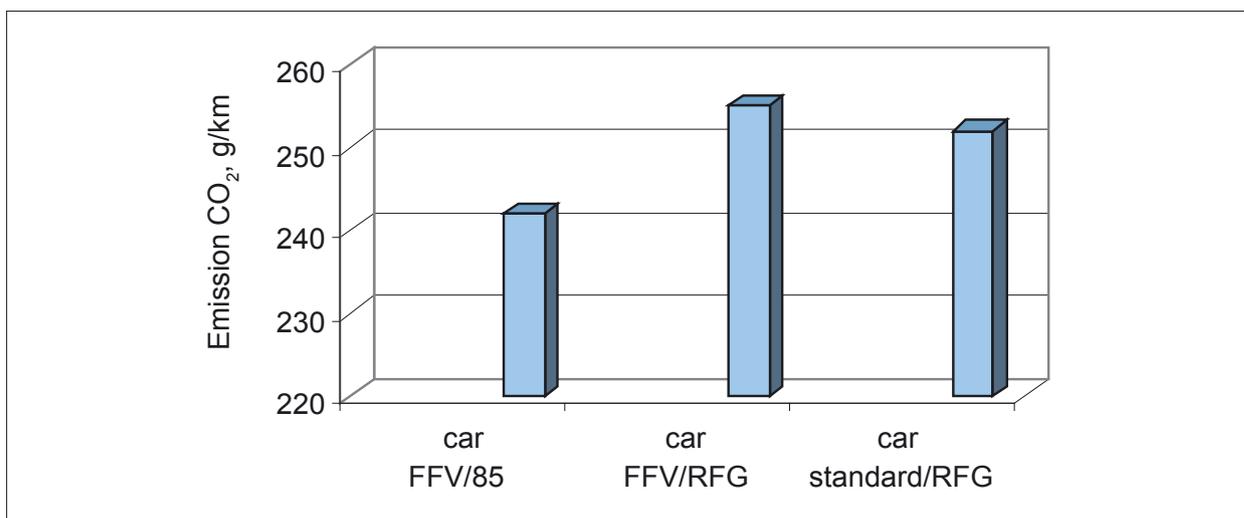


Рис. 2. Сравнение выбросов CO₂ от автомобилей

ляется этаноловое топливо E85, в целом меньше по сравнению с обычным моторным бензином [19].

Выбросы вследствие испарения топлива

Эмиссия загрязнений воздуха химическими соединениями вследствие испарения этанолового топлива E85 или моторного бензина может иметь место вследствие проникания паров, выхода воздуха из топливного бака, утечки топлива или улетучивания паров.

Проникание паров может происходить через конструкционные материалы топливной системы. Однако этот вид эмиссии чаще встречается у моторных бензинов, содержащих низкую долю этанола, как это имеет место в случае топлива E5 и E10 [19].

Выход воздуха из топливного бака происходит, когда пары топлива улетучиваются из бака во время

заправки, а также когда моторный бензин выпаривается под воздействием высокой температуры окружающей среды. С начала 2000 г. выход воздуха из топливного бака контролируется бортовыми системами улавливания паров, устанавливаемыми в автомобилях на топливо E85 или моторный бензин [19].

Пары могут также появляться при утечке топлива или улетучивания паров. Этот вид эмиссии менее типичен в автомобилях FFV, благодаря постоянному совершенствованию прокладочных материалов, используемых в этих транспортных средствах [19].

Выбросы вследствие сгорания топлива

Вредные загрязнения воздуха, образующиеся вследствие сгорания топлива в автомобильном двигателе, эмитируются из выхлопной системы после прохождения через каталитическую систему очис-

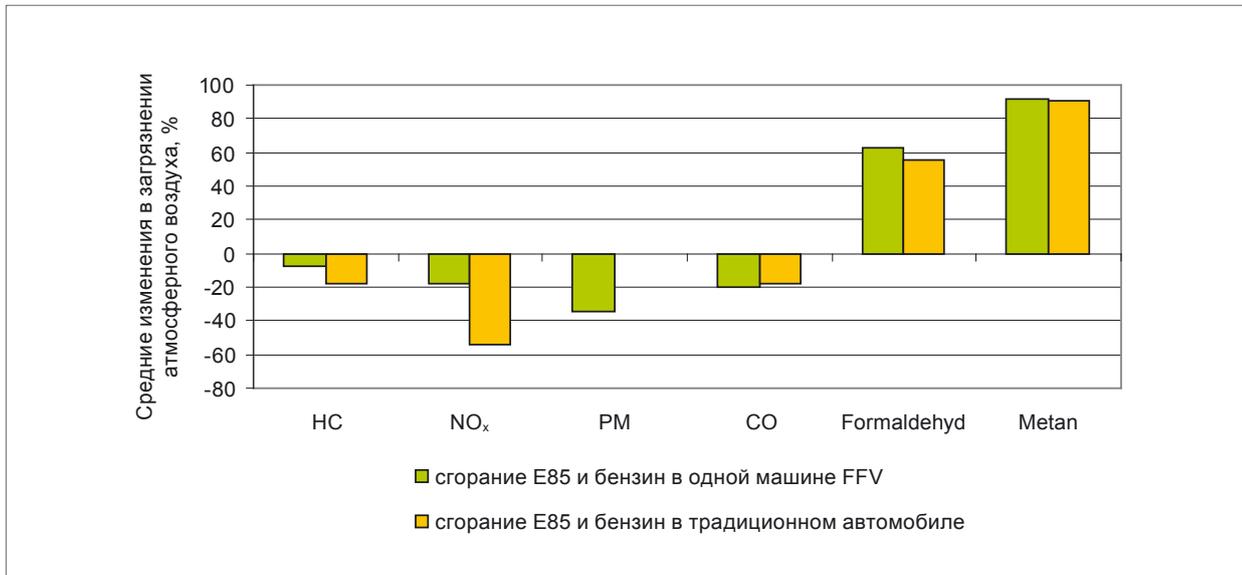


Рис. 3. Сравнение средних изменений в эмиссии загрязнений воздуха вследствие сгорания этанолового топлива E85 и моторного бензина

тки выбросов. Ограничение эмиссии вредных субстанций в атмосферный воздух касается NO_x, CO, HC и других токсичных соединений, образующихся в воздухе, причиной которых являются выбросы, например, формальдегид, 1,3-бутадиен и другие, а также CO₂.

Одновременно проводятся многочисленные сравнительные исследования эмиссии вредных субстанций от сгорания этанолового топлива E85 и от сгорания обычного моторного бензина. National Renewable Energy Laboratory в Огайо провела исследования выбросов и потребления топлива на модели FFV Ford Taurus (1996) на этаноловое топливо E85 и риформинг-моторный бензин с содержанием кислорода 2,7% (м/м) [20].

На рисунках 1 и 2 [за 20] приведено сравнение выбросов оксидов азота (NO_x), углеводородов (HC) и окиси угля (CO), а также диоксида угля (CO₂) эмитированных автомобилем FFV на топливо E85 или риформинг-бензин RFG, а также стандартным автомобилем на риформинг-бензин RFG.

Несмотря на то, что стандартный автомобиль на моторный риформинг-бензин соответствовал стандартам EPA Tier 1, отличался более высокой эмиссией, чем автомобиль FFV. При заправке двигателей автомобилей FFV этаноловым топливом E85 уровень CO₂ был заметно ниже, чем при заправке моторным риформинг-бензином.

Из-за большого числа переменных исследования на предмет влияния сгорания топлива на загрязнение атмосферного воздуха, проводившиеся на парках различных моделей автомобилей, не всегда дают схожие и однозначные результаты. Однако в 2008 году National Renewable Energy Laboratory

(NREL) в США провела исследования на предмет подробного анализа данных исследований в соотношении с действующими требованиями эмиссии [21]. Этот анализ касается разницы эмиссии от транспортных средств FFV на этаноловом топливе E85 по сравнению с транспортными средствами FFV на моторный бензин и автомобилями на моторный бензин, не предназначенными для заправки этаноловым топливом E85. Результаты этого анализа [21] показали, что в среднем эмиссия диоксида угля CO₂ от сгорания исследуемых видов топлива во всех обследованных типах транспортных средств либо снизилась, либо не указывала на статистически существенные различия между сгоранием этаноло-

Энергия для автотранспорта, получаемая из возобновляемых источников, в настоящее время составляет небольшой процент, однако доля альтернативных видов в общем объёме моторного топлива растёт.

вого топлива E85 и моторного бензина. Разница отмечена по выбросам других токсичных химических соединений, образующихся при сгорании горючего в двигателе. Так, например, транспортные средства FFV на этаноловое топливо вызывали в окружающем воздухе рост содержания формальдегида, уксусного альдегида и метана. Результаты наблюдений проиллюстрированы на рисунке 3 [за 19].



Выбросы GHG в течение цикла жизни этанолового топлива E85

Эмиссия парниковых газов GHG, связанная с производством и использованием этанолового топлива E85, складывается из частичных эмиссий, полученных при оценке цикла жизни продукта (E85), начиная с размещения сельскохозяйственных угодий под культуры, и заканчивая сгоранием этого топлива в двигателе автомобиля.

Исследования, проведенные в Argonne National Laboratory в США, показали, что уровень эмиссии парниковых газов GHG, образующихся при производстве и использовании этанолового топлива E85,

для получения которого использовался этанол с посевов кукурузы, является на 17-23% более низким на 1 миле (1,6 км) чем уровень эмиссии этих газов, образующихся при производстве и использовании обычного моторного бензина марки regular [19]. Было также доказано, что использование этанолового топлива E85 может на 70% снизить потребление нефти. Американское Агентство по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency) ведёт работы над введением дополнительной переменной для оценки общего уровню выбросов парниковых газов GHG, эмитируемых из топлива на базе этанола, получаемого из кукурузы, т. е. косвенного использования угодий, что повлияет на конечный результат эмиссии этих газов.

Резюме

Внедрение на рынок этанолового топлива E85 ведётся как в Соединённых Штатах, так и в Европе. Ему предшествуют дорогостоящие исследования в области изменения технологии транспортных средств, конструкции двигателей, определения параметров качества, соответствующих нормальной работе всех систем, монтируемых в автотранспортных средствах. Это отражает конкретные и неизбежные изменения, происходящие в мировом энергетическом балансе. Энергия для автотранспорта, полученная из возобновляемых источников, в настоящее время составляет небольшой процент, однако доля альтернативных видов в общем объёме моторного топлива растёт.

Основным принципом энергетической политики до 2030 года, принятой польским правительством, является растущая интеграция польских рынков жидкого топлива, природного газа, электроэнер-

гии с системами Евросоюза, позволяющая вести поисковые работы и повышать энергетическую безопасность, а также увеличивать объёмы запасов всех видов топлива, как жидких, так и газовых [22]. В Польше, учитывая, наличие установок для производства топливного этанола, есть возможность производить этаноловое топливо E85. Создание рынка автотранспорта является вопросом действий и решений, действующих на нём субъектов, поскольку модели автомобилей на этаноловое топливо E85 уже производятся. В свете нового подхода к энергетической политике правительства, действия протокола Киото, возможностей торговли сокращёнными выбросами парниковых газов, имеются возможности инвестиций в сеть дистрибуции топлива и создания стимулирующих финансовых механизмов, поощряющих использование такого топлива.

*Автор – научный сотрудник Краковского
Института Нефти и Газа*

Литература

- 1) Dokument U.S. Department of Energy's – Energy Policy Act z 1992 roku (EPAAct).
- 2) Handbook for handling, Storing and Dispensing E85, U.S. Department of Energy, April 2002.
- 3) CRC Report No. E-79-2; Summary of the study of E85 Fuel in the USA, Winter 2006–2007, May 2007, <http://www.crcao.com/reports/recentstudies2007/E-79-2/E-792%20E85%20Summary%20Report%202007.pdf>
- 4) CRC Report No. E-85; National Survey of E85 Quality, November 2009 http://www.crcao.org/reports/recentstudies2009/E-85/E-85%20Final%20Report%20_120609_.pdf
- 5) Flash Report U.S. ASTM Update; Winter meeting of D02 Committee '09, Dec. 16, 2009 <http://www.ifqc.org/FlashReports.aspx>
- 6) http://www2.petrobras.com.br/portal/ingles/produtos_servicos.html
- 7) http://www.greencarcongress.com/2005/05/japan_and_brazi.html
- 8) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz.U. UE № L 140/16 z 9.06.2009 r.) – dyrektywa RED.
- 9) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/30/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnoszącą się do specyfikacji benzyny i olejów napędowych oraz wprowadzająca mechanizm monitorowania i ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz zmieniająca dyrektywę Rady 199/32/WE odnoszącą się do specyfikacji paliw wykorzystywanych przez statki żeglugi śródlądowej oraz uchylającą dyrektywę 93/12/EWG (Dz.U. UE № L 140/88 z 5.06.2009) – dyrektywa FQD.
- 10) CWA 15293:2005 – Automotive fuels – Ethanol E85 – Requirements and test methods.
- 11) CEN/TS 15293:2011 – Automotive fuels – Ethanol (E85) automotive fuel – Requirements and test methods.
- 12) Available FFV Models. Available FFV brands (beginning of 2009) <http://www.best-europe.org/Pages/ContentPage.aspx?id=589>
- 13) Dyrektywa Rady i Parlamentu Europejskiego 98/69/EC z 13 października 1998 r. regulująca zasady przeciwdziałania zanieczyszczeniu powietrza przez gazy spalinowe z silników pojazdów samochodowych i nowelizująca Dyrektywę Rady 70/220/EEC (& 2002/80/EC) dla wszystkich pojazdów.
- 14) Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) № 443/2009 z dnia 23 kwietnia 2009 r. określające normy emisji dla nowych samochodów osobowych w ramach zintegrowanego podejścia Wspólnoty na rzecz zmniejszenia emisji CO₂ z lekkich pojazdów dostawczych.
- 15) Rozporządzenie (WE) № 715/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie homologacji typu pojazdów silnikowych w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń pochodzących z lekkich pojazdów pasażerskich i użytkowych (Euro 5 i Euro 6) oraz w sprawie dostępu do informacji dotyczących naprawy i utrzymania pojazdów.
- 16) Dyrektywa Rady i Parlamentu Europejskiego 98/69/EC z 13 października 1998 r. regulująca zasady przeciwdziałania zanieczyszczeniu powietrza przez gazy spalinowe z silników pojazdów samochodowych i nowelizująca Dyrektywę Rady 70/220/EEC (& 2002/80/EC) dla wszystkich pojazdów.
- 17) Dyrektywa Komisji 2002/80/WE z dnia 3 października 2002 r. dostosowująca do postępu technicznego dyrektywę Rady 70/220/EWG odnoszącą się do działań, jakie mają być podjęte w celu ograniczenia zanieczyszczenia powietrza przez emisje z pojazdów silnikowych.
- 18) European Automobile Industry Report 09/10, ACEA, www.acea.be
- 19) Alternative & Advanced Technology Vehicles, http://www.afdc.energy.gov/afdc/vehicles/emissions_e85.html; Content Last Updated: 28.01.2011; U.S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy; Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center.
- 20) Campbell E.; Setting a Fuel Quality Standard for Fuel Ethanol Tender 18/2004, IFQC, June 2004na podstawie International Energy Agency: "Biofuels for Transport – An International Perspective", April 2004.
- 21) Yanowitz J., McCormick G. L.; Effect of E85 on Tailpipe Emissions from Light-Duty Vehicles; Journal of the Air & Waste Management Association, February 2009.
- 22) Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Załącznik do uchwały № 202/2009 Rady Ministrów z dn. 10 listopada 2009.

Некоторые аспекты полигенерационных систем

Современное и эффективное охлаждение

С 21 февраля 2004 г. вступила в силу директива 2004/8/WE (1) Европейского парламента и Совета Европейского союза от 11 февраля 2004 г. Этот документ обязывает государства-члены Евросоюза к введению механизмов развития когенерации на основании спроса на тепловую энергию, существующего на внутреннем энергетическом рынке, а также экономии первичной энергии. Польша ратифицировала Киотский протокол и, согласно директивам Европейского союза, обязалась уменьшить выбросы, сопровождающие сжигание, при одновременном росте производства энергии и тепла до уровня 30% в 2012 г. В свете вышеизложенного факта применение когенерационных и тригенерационных решений стало реальным ответом на запросы энергетического рынка.

Производство холода для бытовых или технологических нужд – это одна из наиболее энергоемких технологий; она также имеет большое влияние на деградацию окружающей среды посредством выбросов парниковых газов и газов, разрушающих озоновый слой. Предложения, выдвигаемые в настоящее время производителями комбинированных технологий, прежде всего, являются дружественными к окружающей среде, более эффективно используют первичную энергию, а применение для производства холода отбросной энергии в минимальной степени влияет на парниковый эффект – в несколько раз меньше, чем популярные прежде технологии, основанные на компрессорных агрегатах.

Более эффективное использование первичной энергии

Технологии производства холода, основанные на абсорбции, применяют с этой целью тепло сжигаемого топлива, такого как природный газ, топливное масло, биогаз при номинальной постоянной мощности на уровне 1,4; а также непосредственно используют пар, отработанные газы, горячую воду, геотермальную воду.

В комбинированных системах производства тепла, холода и электроэнергии, к примеру, в системе генератора электрического тока с газовым двигателем и с использованием отбросного тепла из водяной рубашки охлаждения двигателя, уже сегодня производители в состоянии повысить эффективность использования первичной энергии (к примеру, в виде природного газа) примерно до 85-88%. Для сравнения, КПД классической электростанции составляет немногим более 30%.

Насколько известна технология когенерационных систем, использующих газовые турбины или двигатели, настолько меньше внимания уделяется продвинутым технологиям производства и переработки энергии на базе охлаждающей техники, а также систем, используемых в когенерационных источниках.

В настоящее время преобладающим направлением является применение в системах охлаждения как небольших абсорбционных устройств, работающих на газе, которые, как правило, предназначены для бытовых целей, так и абсорбционных и адсорбционных агрегатов большой мощности, работающих на тепле в виде горячей воды, пара, отработанных газов, используемых в промышленных целях.

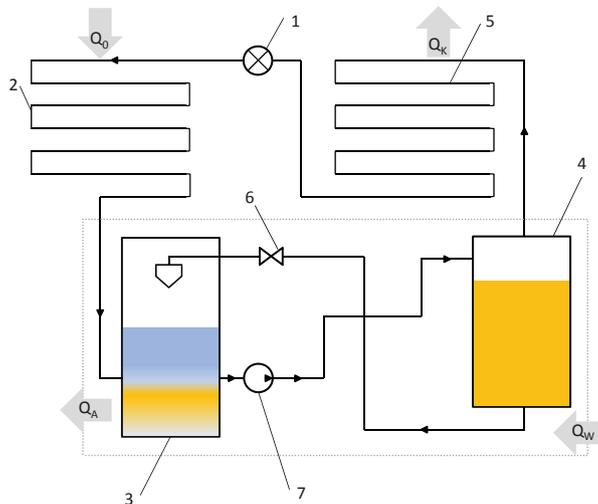
Абсорбционная холодильная машина – это система последовательно соединенных тепло- и массообменников. Путем комбинации процессов обмена, рабочий агент в газовой фазе абсорбируется в ненасыщенном растворе

(с низкой концентрацией рабочего агента). Процесс абсорбции является экзотермическим, поэтому абсорбер должен быть охлажден. Насыщенный раствор абсорбера насосом откачивается в кипятильник-генератор, куда также подается тепло от привода процесса. В процессе кипения выделяется пар рабочего агента, который попадает в конденсатор. В испарителе происходит испарение рабочего агента за счет принятого тепла (к примеру, от производимой охлажденной воды), а пар рабочего агента

ванный из гидратированных частиц кремнезема (т.е. диоксида кремния).

Наиболее развитой отраслью для вышеуказанных трех технологий является применение бромолитиевых агрегатов (LiBr/H₂O). В отрасли бромолитиевых агрегатов различают несколько типов решений, а именно:

- абсорбционные агрегаты, работающие на отработанных газах или отбросной воде, применяемые в



1. Расширительный клапан
2. Испаритель
3. Абсорбер
4. Котел
5. Конденсатор
6. Дроссельный клапан
7. Растворный насос

Схематический чертеж абсорбционной холодильной машины.

попадает в абсорбер, где происходит его конденсация на поверхности жидкости абсорбента (абсорбция).

Технологии и агрегаты

В настоящее время используются три основные технологии охлаждения с применением:

- бромолитиевых абсорбционных агрегатов, работающих на тепле в виде горячей воды, пара или отработанных газов. Эти устройства доступны в диапазоне мощности от 100 кВт до 8000 кВт и обеспечивают производство холода и горячей воды. Эти решения предназначены как для промышленных и коммерческих, так и для общественно-бытовых целей;
- аммиачных абсорбционных агрегатов, работающих на газе с возможностью оснащения микротурбиной и работы системы производства холода на отбросном тепле. Решения, основанные на аммиачных агрегатах, обеспечивают производство холода; тепла и холода; или электроэнергии, тепла и холода;
- силикагелевых адсорбционных агрегатов, где хладагентом выступает вода, а адсорбентом водяного пара, образующегося в испарителе, является силикагель, т.е. силикатный гель – ксерогель, образо-

тригенерационных системах ССНР/ВСНР вместе с турбинами, присутствующие в решениях для отработанных газов с низкими и высокими температурами, а также с использованием дополнительной газовой горелки или без ее применения;

- бромолитиевые абсорбционные холодильные агрегаты с прямой подачей природного газа, топливного масла или биогаза, обеспечивающие охлажденную воду, воду для теплоснабжения и горячую воду для водопровода, с применением газовой или масляной горелки в качестве источника тепла;
- бромолитиевые абсорбционные холодильные агрегаты, работающие на горячей воде, обеспечивающие охлажденную воду, использующие в качестве источника энергии горячую воду температурой выше 70°C;
- бромолитиевые абсорбционные холодильные агрегаты, работающие на паре, обеспечивающие охлажденную воду, использующие в качестве источника энергии пар давлением примерно от 0,01 МПа до 0,8 МПа, основное применение – в промышленности;
- бромолитиевые тепловые насосы – работающие на отбросном тепле с параметрами:
 - » 20-70°C в случае абсорбционных тепловых насосов первой категории HRH-I,

» 65-130°C в случае абсорбционных тепловых насосов второй категории HRH-II.

Первичной тепловой энергией для использования в этих установках может быть: пар, горячая вода, термическое масло, отработанные газы, природный газ, биогаз и т.п. В качестве источника отбросного тепла можно использо-



Бromo-литиевый абсорбционный холодильный агрегат с прямой подачей природного газа, топливного масла или биогаза (www.reachabletek.com)

вать, к примеру, охлаждающую воду температурой 40°C или геотермальную воду с низкими параметрами. Диапазоны предлагаемых мощностей для этих устройств составляют примерно от 200 кВт до 40 МВт.

Модульное решение

Для систем, использующих в качестве хладагента аммиачную воду (H_2O/NH_3), интересным вариантом является применение модульного решения, работающего на природном газе или биогазе в тригенерационной системе. Комплекс устройств в этом решении, сочетающий источник питания (микротурбина) и холодильную машину, может быть установлен на территории любого объекта с целью обеспечения непрерывного охлаждения, отопления и электропитания. Трубопроводные сети системы могут быть соединены с существующими охлаждающими системами, а электрические – с основным источником питания объекта, или подключены к отдельным точкам потребления электроэнергии, воды и газа. Прямое подсоединение

к отверстию выпуска отработанных газов турбины упрощает проект системы, а также исключает необходимость использования промежуточных теплообменников и другого оборудования, повышающего затраты на установку системы и снижающего продуктивность. В таком решении применяется абсорбционный охладитель, охлаждаемый воздухом, который снижает затраты, связанные с консервацией охладительной башни или водоподготовкой. Модули могут соединяться между собой параллельно, одновременно повышая мощность всей единицы и предоставляя возможность повысить гибкость работы системы.

Адсорбционные агрегаты производятся в диапазоне холодильной мощности от 35 кВт до 500 кВт каждый, и они в состоянии производить охлажденную воду для технологических нужд или для кондиционирования воздуха в диапазоне температур от +5°C до +21°C. Эти устройства могут работать на горячей воде с очень низкими параметрами, т. е. от 60°C до 95°C, следовательно, они позволяют использовать коммунальную теплофикационную сеть в летний период или горячую воду от технологических процессов.

Продажные цены энергии, наряду с закупочными ценами топлива, являются решающими в рентабельности создания полигенерационных систем. В частности, это касается электроэнергии. Наиболее выгодная ситуация складывается в случае систем, работающих для собственных нужд, тем самым заменяя покупаемую энергию. Закупочная стоимость намного превышает продажную цену этой энергии. В Польше затраты по хозяйственному использованию окружающей среды по-прежнему невысокие. Поэтому высокопродуктивные энергетические системы, использующие относительно чистое топливо, несут лишь незначительно меньшие затраты по выбросам, по сравнению с устаревшими угольными системами. Однако преимуществом использования этого типа решений является значительно более длительный срок службы комбинированной системы, а также снижение постоянных затрат, связанных, к примеру, с ее эксплуатацией. Эти факторы влияют на экономический аспект применения такого типа решений.

Рафал Гурецки
„PGNiG Technologie S.A.”

Turnkey investments



We are an EPC contractor for the oil & gas industry.

We work with the best and make use of our vast experience.

We understand the investor's needs and deliver turnkey solutions.

- PIPELINES
- UNDERGROUND GAS STORAGE FACILITIES
- OIL AND GAS FIELDS
- GAS COMPRESSOR STATIONS
- HUB STATIONS
- PRESSURE REDUCING AND METERING STATIONS
- MANUFACTURING
- MAINTENANCE AND AFTER-SALES SERVICES



Future on solid foundations

The world changes constantly. The future will bring unknown possibilities and challenges. Do you know where will you be in a few years' time? Who will you be and what will be important to you? We all have to react to changes in our environment, but to make use of the possibilities and face the challenges tomorrow, we need to be prepared today. That's why our activity is based on constant investments in clean, break-through technologies, building positive relationship with our partners and sustainable development in every aspect of our work. Thanks to this we can look into the bright and better future together.