Оригинальная статья

УДК 662.7 © К.Ю. Алексеев[1], К.А. Авдеев[2], Е.Г. Горлов[3], В.Г. Пилецкий✉[3], А.А. Фролов[3], С.М. Фролов[2,4,5], 2026

[1] Ассоциация предприятий угольной отрасли, 107996, г. Москва, Россия
[2] ФИЦ ХФ РАН, 119991, г. Москва, Россия
[3] ООО «Институт горючих ископаемых – научно-технологический центр», 125124, г. Москва, Россия
[4] Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 111250, г. Москва, Россия
[5] Научно-исследовательский институт системных исследований РАН (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН), 117218, г. Москва, Россия
✉ e-mail: pvg2000@yandex.ru

Original Paper

UDC 662.7 © K.Yu. Alekseev[1], K.A. Avdeev[2], E.G. Gorlov[3], V.G. Piletsky✉[3], A.A. Frolov[3], S.M. Frolov[2,4,5], 2026

[1] Association of Enterprises of the Coal Industry, Moscow, 107996, Russian Federation
[2] Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation,
[3] Institute of Combustible Fossils – Scientific and Technical Center" (ICF-STC LLC), Moscow, 125124, Russian Federation
[4] National Research Nuclear University, 111250, Moscow, Russian Federation
[5] Scientific Research Institute of System Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 117218, Russian Federation
✉ e-mail: pvg2000@yandex.ru

Крупнотоннажная углехимия – реальность и перспектива

Large-capacity coal chemistry: current status and future prospects

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-10-45-52

Россия занимает лидирующие позиции в мире по добыче и экспорту нефти. Естественно, возникают вопросы: нужны ли России синтетические жидкие топлива (СЖТ) из альтернативного (ненефтяного) сырья: биомассы, бурых и каменных углей? Ответ очевиден: нужны ввиду постепенного истощения нефтяных запасов, удорожания разработки месторождений, ужесточения экологических требований, а также ограничений в получении и доставке топлива из нефти, например в районы Крайнего Севера. Преимущества СЖТ – неограниченная и доступная сырьевая база и отсутствие вредных примесей и ароматических углеводородов, что повышает экологическую безопасность производства и использования топлив. Самым перспективным крупнотоннажным методом получения чистых синтетических углеводородов считается «непрямое ожижение» сырья через стадии газификации, подготовки синтез-газа и последующей конверсии синтез-газа в целевую продукцию. В России в настоящее время нет законченных разработок, соответствующих понятию «технология». Доводить работы до коммерциализации не позволяет отсутствие финансирования и координации усилий различных министерств и ведомств. Наиболее капиталоемкая стадия непрямого ожижения углей – это стадия их газификации (60-65%), поэтому первоочередная задача – выполнение НИОКР на снижение стоимости стадии газификации углей и себестоимости продукции. На базе ракетных технологий специалистами ИГИ и ЗАО «Компомаш-ТЭК» создана оригинальная конструкция прямоточно-вихревого газогенератора, позволяющая значительно снизить затраты на получение синтез-газа по сравнению с традиционными газогенераторами. Другой вариант получения синтез-газа – безотходная газификация углей в среде высокотемпературного газифицирующего агента (ВГА) в виде смеси водяного пара и диоксида углерода с температурой выше 2000°С, получаемой в «пушке Фролова», обеспечивающая высокую степень конверсии углерода в синтез-газ и восстановление минеральной составляющей угля в высокомаржинальные

АЛЕКСЕЕВ К.Ю.
Действительный член Российской академии горных наук, президент Ассоциации предприятий угольной отрасли, 107996, г. Москва, Россия, e-mail: info@cool-union

АВДЕЕВ К.А.
Канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФИЦ ХФ РАН, 119991, г. Москва, Россия, e-mail: kaavdeev@mai.ru

ГОРЛОВ Е.Г.
Доктор техн. наук, профессор, научный руководитель ООО «ИГИ-НТЦ», 125124, г. Москва, Россия, e-mail: gorloveg@mail.ru

ПИЛЕЦКИЙ В.Г.
Канд. техн. наук, ведущий сотрудник ООО «ИГИ-НТЦ», 125124, г. Москва, Россия, e-mail: pvg2000@yandex.ru

ФРОЛОВ А.А.
Советник научного руководителя
ООО «ИГИ-НТЦ»,
125124, г. Москва, Россия,
e-mail: a.frolov@maxima.ru

ФРОЛОВ С.М.
Доктор физ.-мат. наук,
заведующий отделом,
заведующий лабораторией ФИЦ ХФ РАН,
119991, г. Москва, Россия,
профессор Национального
исследовательского ядерного
университета МИФИ,
111250, г. Москва, Россия,
ведущий научный сотрудник
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН,
117218, г. Москва, Россия,
e-mail: smfrolov@chph.ras.ru

элементы. В целях ускорения реализации поручений Президента РФ и Правительства РФ, с учетом интересов Минобороны России, предлагается организовать Государственную компанию «Росуглехим».

Ключевые слова: *синтетические жидкие топлива, ненефтяное сырье, экология, стоимость, ракетные технологии, высокотемпературная газификация.*

Для цитирования: Крупнотоннажная углехимия – реальность и перспектива / К.Ю. Алексеев, К.А. Авдеев, Е.Г. Горлов и др. // Уголь. 2026;(10):45-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-10-45-52.

Abstract

Russia holds leading global positions in oil production and export. The question arises: why does Russia need synthetic liquid fuels (SLF) from alternative, non-petroleum raw materials, specifically brown and hard coals? The answer lies in environmental requirements and limitations in the delivery or acquisition of fuel from oil. Examples include the Far North and Yakutia regions. The advantages of SLF include an unlimited raw material base, the absence of harmful impurities and aromatic hydrocarbons, which enhances the environmental safety of fuel production and use. The production of SLF from non-petroleum raw materials has been known for almost 100 years, with the main processes being hydrogenation and gasification of coals, and the Fischer-Tropsch synthesis. An analysis of the industry indicates a more commonly applied large-scale method for obtaining pure synthetic hydrocarbons – "indirect liquefaction" of raw materials: gasification, syngas preparation, and its subsequent conversion into target products. To date, Russia lacks complete developments that correspond to the concept of "technology." The absence of funding and coordination prevents these works from reaching commercialization. The most capital-intensive stage in the process is gasification (60-65%). R&D efforts should be directed towards reducing the cost of the gasification stage and the overall product cost. Based on rocket technologies from IGI and Kompomash-TEK JSC, an original design of a direct-flow vortex gasifier has been created, offering reduced costs compared to traditional gasifier designs. Another option for the gasification stage is a new technology for waste-free gasification of hydrocarbon-containing raw materials based on a developed energy process in a high-temperature water vapor (VGA) mixture of water vapor and carbon dioxide at temperatures up to 2000°C, achieving a high degree of conversion in syngas production, with the recovery of the coal's mineral component into high-margin elements. To accelerate the implementation of instructions from the President of the Russian Federation and the Government of the Russian Federation, taking into account the interests of the Ministry of Defense of Russia, it is proposed to establish a State Company "Rosuglekhim."

Keywords

Synthetic liquid fuels, non-petroleum raw materials, ecology, cost, rocket technology, high-temperature gasification.

For citation

Alekseyev K.Yu., Avdeev K.A., Gorlov E.G., Piletsky V.G., Frolov A.A., Frolov S.M. Large-capacity coal chemistry: current status and future prospects. *Ugol'*. 2026;(10):45-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-10-45-52.

ВВЕДЕНИЕ

Россия занимает лидирующие позиции в мире по добыче и экспорту нефти, а глубина ее переработки достигает 84%. В то же время в мире нарастающими темпами идут работы по производству синтетических топлив и других синтетических продуктов из ненефтяного сырья: биомассы, бурых и каменных углей. При таких обстоятельствах возникают естественные вопросы: нужны ли России синтетические топлива и другая синтетическая продукция? Следует ли нам тратить время, силы и финансы на создание технологий их получения из альтернативного

(ненефтяного) сырья? Ответ на эти вопросы очевиден: конечно, нужны ввиду постепенного истощения нефтяных запасов, удорожания разработки месторождений, ужесточения экологических требований, а также ограничений в получении и доставке нефтяного топлива, например, в районы Крайнего Севера. Кроме того, недооценка преимуществ синтетических продуктов может в перспективе привести к опасному технологическому отставанию нашей страны от мирового развития.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

По оценке специалистов, неоспоримые преимущества синтетических жидких топлив из угля – это их неограниченная и доступная сырьевая база, а также отсутствие в них экологически вредных примесей и ароматических углеводородов, что существенно повышает экологическую безопасность их производства и применения.

Хорошо известно, что выход и состав продуктов нефтепереработки определяются составом нефти. Однако не все требуемые продукты могут быть произведены из нефти, если в нефти используемого сорта отсутствуют те или иные компоненты. Например, высоковязкие нефти содержат малое количество светлых фракций, а все виды нефти не имеют в своем составе линейных парафинов с длиной цепи до 50-70 атомов углерода.

Стратегией сотрудников ИГИ было создание технологий производства синтетических продуктов, которые не могут быть произведены из нефти или могут быть получены в ограниченном количестве, путем глубокой переработки углей, учитывая, что глубокая переработка углей предусматривает компактные формы хранения и транспортировки сырья и логистическую транспортную совместимость. Глубокая переработка углей включает два основных направления – коксохимию и углехимию.

В статье рассматривается развитие крупнотоннажных процессов углехимии с целью производства синтетических жидких топлив (СЖТ) и другой химической продукции из продуктов переработки углей методами прямого ожижения (каталитической гидрогенизации) и косвенного ожижения (газификации с последующим синтезом Фишера-Тропша).

Производство синтетических топлив из ненефтяного сырья уже известно почти 100 лет.

Первый этап развития этого направления – это период с конца XIX века по 1945 г. В этот период созданы научные основы технологии превращения твердых горючих ископаемых в СЖТ и построены первые промышленные предприятия. В качестве сырьевой базы выступали бурые и каменные угли, а также смолы коксования углей. Основные процессы – это гидрогенизация, термическое растворение углей, газификация углей и синтез по Фишеру-Тропшу. Основные страны – разработчики технологии: Германия – 18 заводов (производство приблизительно 8 млн т продукции), Англия, Япония, СССР (опытный завод в Кузбассе в г. Ленинске-Кузнецком).

Второй этап развития – это период с 1977 по 1991 г. В этот период созданы новые процессы ожижения углей преимущественно методом гидрогенизации, которые были реализованы в опытном и опытно-промышленном масштабе. В качестве сырьевой базы в основном использовались бурые и каменные угли, а также горючие сланцы. Основные процессы – гидрогенизация, термическое растворение углей, пиролиз и газификация углей. Основные страны разработчики технологий ожижения углей: США – 15 процессов, ФРГ – улучшенный процесс Бергиуса-Пира, Англия, Япония, СССР (ИГИ, Опытный завод СТ-5, ш. Бельковская, Тульская область, опытно-промышленная установка СТ-75, г. Шарыпово) (*табл. 1*). В эти годы были определены критерии выбора состава бурых и каменных углей (в том числе в СССР), пригодных для крупнотоннажной реализации этого процесса, причем отечественные и зарубежные критерии практически совпали (*табл. 2*). Расход бурых углей на производство 1 млн т синтетической нефти составлял 4-5 млн т, а каменных углей – 3-4,5 млн т. Основные страны – разработчики технологий газификации углей: США, ФРГ, Англия, Япония и СССР. В эти годы были разработаны следующие промышленные процессы газификации: Лурги-Линдер, Винклер, Копперс-Тотцек, Тексако и др. По капитальным вложениям весь процесс газификации углей в среднем рассматривался в следующих пропорциях: 60-65% затрат на газификацию, 20-25% – на синтез Фишера-Тропша и 10-15% – на получение топливной продукции из синтетической нефти (*табл. 3*) [1, 2, 3]. Основные страны – разработчики технологий пиролиза углей и сланцев: США, ФРГ, Англия, СССР (ЭТХ-175, УТТ-500 и УТТ-3000).

Третий этап развития – сегодняшний день. Проблема глубокой переработки углей по-прежнему актуальна, несмотря на ужесточение требований по снижению выбросов диоксида углерода в атмосферу. В этом направлении в США, КНР и Индии проводится целый ряд НИОКР, причем основное внимание уделяется совершенствованию известных процессов и созданию новых подходов к переработке углей. В качестве сырьевой базы используются бурые и каменные угли, горючие сланцы и биомасса. Основные процессы: газификация углей и синтез по Фишеру-Тропшу (*табл. 3, 4*). Основные страны – разработчики технологий: США, ФРГ, Франция, Великобритания, Япония, КНР, и частично РФ.

В промышленности зарубежных стран к настоящему времени уже коммерциализированы процессы получения из синтез-газа углеводородов топливного назначения бензин и средние дистилляты (дизельное топливо и реактивное топливо) (*табл. 4*) и продукция нефтехимии (углехимии) – олефины, метанол, ароматические углеводороды, гликоли, мочевина и т.д. (*табл. 5*). Синтетический бензин получают конверсией синтез-газа в метанол или диметиловый эфир с последующим пропусканием полученного продукта через цеолитсодержащий катализатор (процесс Мобил). Синтетические дизельное и реактивное топлива получают фракционированием синтетической нефти, последующей гидроконверсией средних дистиллятов. Целевые продукты – линейные и разветвленные алканы керосино-газойлевой фракции. Эти фракции не содержат нафтеновых углеводородов со смазочными свойствами. Отсутствием этих компонентов в СЖТ объясняются ограничения их применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания (ДВС), что делает необходи-

Таблица 1

Сравнение производственных показателей современных зарубежных процессов гидрогенизации углей

Comparison of performance indicators for contemporary foreign coal hydrogenation processes

Процесс	EDS	H-Coal	ITSL	SRC-11	DT	IGOR
Конверсия ОМУ, %	77	78	78	79,5	85	85
Выход фракций C_4 + на ОМУ	39	50	56	43	55	60
Конец кипения, градус	520	520	450	480	330	331
Содержание водорода в СЖТ, мг/кг	11,2	10,7	10,7	9,6	10,0	13,7
Содержание кислорода в СЖТ, мг/кг	15000	15000	7000	35000	27000	< 5
Содержание азота в СЖТ, мг/кг	3000	3000	4000	1400	9000	< 2
Содержание серы в СЖТ, мг/кг	800	800	800	2000	800	< 1

Таблица 2

Сравнительные показатели по сырьевой базе для процессов гидрогенизации углей

Comparative indicators regarding raw materials sources for coal hydrogenation processes

Показатели	Процесс H-COAL (доработан Шеньхуа, КНР)	Процесс IGOR (ФРГ)	Процесс ИГИ (РОССИЯ)
Влажность, % мас., не более	10	10	2
Зольность, % мас., не более	7	5	12 (бурые угли) 5-7 (каменные угли)
Летучие, % мас.	35-46	35-46	35-46
Петрографический состав, %			
Витринит, не менее	85	75	85
Инертинит, не более	–	–	15

Таблица 3

Основные показатели зарубежных процессов газификации углей и сравнение с процессом ИГИ – Компомаш-ТЭК

Key indicators of foreign coal gasification processes and a comparison with the IGI – Kompomash-TEK process

Показатели	Процесс ИГИ – Компомаш-ТЭК, Россия	Винклер, США	Сасол, ЮАР	Копперс-Тотцек	ДЭ (Тексако)
Метод газификации	Прямоточно-вихревой ВУТ	Кипящий слой	Слоевой	Пылеугольный	Водоугольная суспензия
Требования к углю, – размер, мкм, – влажность,%	Не регламентируется	8-10мм 12%	5-30мм, 30%	Менее 0,1 мм 2-8	60 мкм, 58-65 % ВУС
Выход синтез-газа, $м^3$/кг угля	1,7-2,1	1,3-1,6	1,3-1,6	1,8-1,9	1,8-1,9
Давление, МПа	До 0,5	1,5	1,5	1,5-1,65	2-3
Расход угля, кг на кг СЖТ	2,6-3,0	5,5-6	6-8	5-6	6-7
Теплота сгорания, ккал/ $м^3$	1700-1900	1600-1800	1600-1800	11,2 МДж/$м^3$	10,6-11,8 МДж/$м^3$

мым добавление к СЖТ традиционных нефтепродуктов. После распада СССР эти исследования в РФ практически прекратились.

Выполненные в СССР НИОКР по прямому ожижению углей завершились созданием Опытного завода СТ-5 и отработкой в опытно-промышленном масштабе всех узлов и аппаратов для создания крупнотоннажного завода по производству 3 млн т в год СЖТ. Что касается процесса косвенного ожижения углей, то такие исследования в РФ применительно к газификации углей были возобновлены лишь в 2007 г. и финансировались до 2017 г. по линии Минобрнауки (*рис. 1)*.

В эти годы специалистами ИГИ совместно с ЗАО «Компомаш-ТЭК» и рядом специализированных НИИ на территории АО «Красмаш» был сооружен опытный завод по производству синтетической нефти газификацией водоугольных суспензий (ВУС) мощностью 10 т угля в час. Узел получения синтетической нефти был разработан специалистами ИОХ РАН.

Прекращение финансирования Минобрнаукой не позволило запустить завод по полной технологической схеме. Была проверена работоспособность узлов приготовления ВУС и ее газификации (*см. рис.1, 2, табл. 3*). НИОКР были в основном направлены на снижение стоимости стадии газификации, поскольку именно эта стадия является наиболее капиталоемкой (60-65% всех затрат). В результате удалось на базе ракетных технологий создать оригинальную, не имеющую зарубежных аналогов конструкцию прямоточно-вихревого газогенератора, которая по предварительным расчетам должна быть примерно в два раза дешевле традиционных газогенераторов аналогичной производительности. Эта разработка

Рис. 1. Панорама первого опытного завода в РФ по получению СЖТ, сооруженного в АО «Красмаш»

Fig. 1. A panoramic view of the first synfuel pilot plant in the Russian Federation built at the Krasmash JSC

Рис. 2. Блок газификации ВУС и очистки газа (слева) и блок получения синтетической нефти (справа)

Fig. 2. The coal-water slurry gasification and gas treatment unit (left) and the synthetic oil production unit (right)

Таблица 4

Сравнительные показатели качества дизельного топлива, получаемого в КНР прямой гидрогенизацией угля (технология США H-Coal) и косвенным методом из фракции синтетической нефти, полученной по схеме процесса Сасол

Comparative quality indicators for diesel fuel produced in China using direct coal hydrogenation (U.S. H-coal process) and using an indirect method from a synthetic oil fraction obtained by the Sasol process

Параметры	Завод компании Шеньхуа, (прямая гидрогенизация)	Завод компании Итаи, технология Синфьюелс (по Фишеру-Тропшу, процесс Сасол)
Производительность целевой продукции, тыс. т/г	1067	200
Зольность угля, %	5,0-6,0	до 15
Выход продуктов, % от объема продуктов: – LPG – нафта – диз.топливо	 9,6 23,4 67	 5 25 60
Расход угля, т/т СЖТ	3,85	4,5-5,0
Расход воды, т/т СЖТ	6	10
Характеристики дизельного топлива		
Плотность, т/м^3	0,88-0,89	0,76
Температура помутнения, градус – проектная – фактическая	 -35 -30	 -35 -30
Цетановое число	45	более 70
Содержание серы, %	очень низкое	отсутствие
Содержание азота, %	очень низкое	отсутствие
Содержание полициклической ароматики,%	40	отсутствие
CapEx, млрд дол. США	2,2	0,4

Таблица 5

Возможные выходы продуктов углехимии из 1 м^3 синтез-газа [3]

Possible yields of coal chemical products from 1 m^3 of synthesis gas [3]

Целевой продукт	Способ	Выход, г/м^3
Газообразные олефины C_2-C_4	Прямой синтез	Не менее 50
Этилен	Через метанол	Этилен не менее 25 Пропилен не менее 20
Пропилен	Через метанол	Не менее 45
Жидкие альфа-олефины C_5-C_{10}	Прямой синтез	Не менее 60
Фракция БТК	Через метанол	Не менее 180
Спирты C_2-C_4	Прямой синтез	Не менее 55

стала совместным достижением ЗАО «Компомаш-ТЭК», сотрудников ИГИ, НПП НТЦ «Алвиго-М», КБ «Химмаш» и КБ «Химавтоматика» (*см. табл.3*).

Второй вариант прямоточно-вихревого газогенератора был сооружен на Томской ТЭЦ-3 при финансировании Минобрнауки и также из-за недофинансирования Минобрнаукой не был запущен по полной технологической схеме. В этом случае задачей этой установки было обеспечение энергетических котлов дополнительной энергией в виде генераторного газа.

Другим вариантом получения синтез-газа была разработка безотходной газификации углей в среде высокотемпературного газифицирующего агента (ВГА) в виде смеси водяного пара и диоксида углерода с температурой выше 2000°С, получаемой в «пушке Фролова», обеспечивающая высокую степень конверсии углерода в синтез-газ и восстановление минеральной составляющей угля в высокомаржинальные элементы. Этот вариант процесса подробно описан в [4].

В настоящее время научные и прикладные исследования других вариантов процессов газификации углей ведутся на поисковом уровне в ФИЦ ХФ РАН, АО ВТИ и некоторых других НИИ и вузах страны.

Что касается создания новых катализаторов для технологии получения СЖТ из угля по Фишеру-Тропшу (катализаторов синтеза углеводородов), то в этой области наиболее успешны работы ИНХС РАН им. А.В. Топчиева и ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова. Из отраслевых фирм, занимающихся разработкой технологии синтеза Фишера-Тропша, можно выделить Центр исследований и разработок компании АО «Роснефть» (бывший ЦИР ЮКОС) и компанию «ИНФРА». Обе компании сконцентрированы исключительно на переработке газа: АО «Роснефть» разрабатывает технологию получения товарных моторных топлив (дизтоплива и керосина), а «ИНФРА» – технологию получения синтетической нефти без выделения из нее товарных продуктов и осуществления их облагораживания.

Здесь следует отметить, что получить из углей новое высокоплотное реактивное и универсальное дизельное топливо, необходимое для использования в северных широтах Сибири и в Арктике, несмотря на многочисленные поручения Минобороны, до настоящего времени не удалось, в том числе и в силу объективных причин. Поэтому для активизации работ по получению СЖТ из ненефтяного сырья, с учетом интересов Минобороны России, было предложено восстановить ФГУП ИГИ и привлечь его в качестве координатора работ (Поручение Главы государства Пр-32 от 24.01.2020).

Дорожная карта реализации этого поручения была разработана и подготовлена сотрудниками ИГИ и 25-го ГосНИИ химмотологии МО еще в 2020-2021 гг. (срок выполнения – 2022-2026 годы), подписана министром обороны РФ и согласована с аппаратом Председателя Правительства РФ. В соответствии с подписанной дорожной картой планировалось сооружение первого опытно-промышленного завода по производству СЖТ в блочно-модульном исполнении на территории бывшей Жилевской ОПОФ, где есть соответствующая инфраструктура и сохранился инженерно-технический персонал. Оба варианта новой разработки отечественного газогенератора с участием ИГИ планировали испытать на территории Жилевской ОПОФ в рамках выполнения подписанной и утвержденной дорожной карты. В качестве соисполнителей привлекались ведущие в этой области НИИ: 25-ый ГосНИИ химмотологии МО, ЦИАМ, ВНИИ НП, ГИАП, ИНХС РАН, ОИВТ РАН, ФИЦ ХФ РАН, ФИЦ УУХ СО РАН, ИОХ РАН, ИПХФ РАН, ИТ СО РАН, ФИЦ ИК СО РАН, ИХН СО РАН, ИХХТ СО РАН, ВУХИН с привлечением в состав консорциума исполнителей научного потенциала вузов: МГУ (химфак), РХТУ им. Д.И. Менделеева, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Московский горный институт и ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова.

Однако информация в открытой печати о ее выполнении отсутствует.

Безусловное преимущество создания комплексных схем производства синтетических углеводородов – это возможность введения в их состав дополнительных стадий по производству новых компонентов топлив, отличных от традиционных нефтепродуктов, например по синтезу циклических углеводородов. Создание опытного завода в Жилево было остро необходимым, поскольку пришло время перейти от поисковых исследований, проводимых различными отраслевыми и академическими институтами и коммерческими структурами, к реальным технологиям комплексной переработки углей для получения СЖТ, технологических и энергетических газов и разнообразных органических веществ. Именно вследствие отсутствия такого опытного завода в России нет законченных разработок, соответствующих понятию «технология»: в лучшем случае имеются лишь демонстрационные установки, а доводить работы до стадии коммерциализации не позволяет отсутствие финансирования и координации.

Создание новых газогенераторов дает преимущества газотурбинным двигателям (ГТД), в том числе радиальным, перед поршневыми для производства локальной электроэнергии. Гибридные силовые установки с ГТД лишены привычных, но сложных коробок передач, значительного потребления смазки в разных узлах: есть только понижающий редуктор, объединяющий электромотор с ГТД, причем гибридные силовые установки на транспорте потребляют на 25% меньше топлива. При создании производств экологически чистого топлива с учетом громадных ресурсов угля и потребных рынку недорогих турбо-гибридных средств прогнозируются потребность и разработка линейки специальных ГТД [5].

Следует подчеркнуть, что необходимость крупнотоннажного производства синтетических топлив ни в коей мере не принижает роль нефтяных топлив: их совокупное применение приведет к диверсификации топливного рынка и улучшению экологических показателей энергопреобразующих устройств различного назначения.

Для расширения номенклатуры выпуска синтетических углеводородов необходимо решать следующие задачи:

1. Создать технологии производства синтетических аналогов нефтепродуктов, что позволит полностью воспроизводить состав используемых топлив.

2. Реконструировать старые или создать новые НПЗ (наподобие Ангарского нефтехимического комбината) для

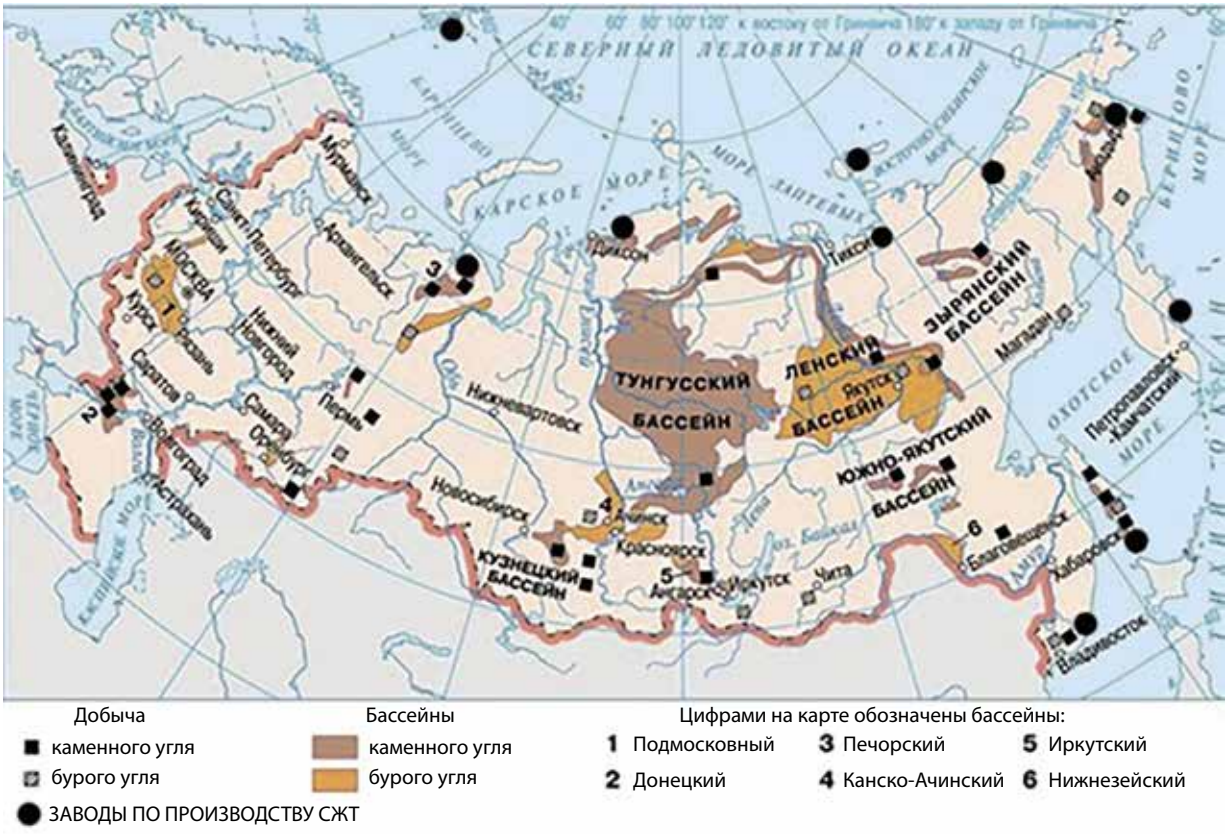

Рис. 3. Места предполагаемого размещения минизаводов в блочно-модульном исполнении для производства СЖТ
Fig. 3. Proposed locations for mini-plants in a modular design for synfuel production

переработки тяжелых нефтяных остатков или тяжелой нефти совместно с углями.

3. Использовать в качестве дополнительного сырья биомассу или биоуголь, что позволит производить особо чистые, CO_2-нейтральные виды топлив.

4. Создать технологии производства новых видов синтетических топлив на основе технологий высокотемпературной пароуглекислотной газификации углей с получением высококачественного синтез-газа с полным отсутствием смол и CO_2 по замкнутому технологическому циклу.

Для создания комплексной технологии производства синтетических углеводородов необходимо выработать четкую общую Государственную стратегию в области проведения экспериментальных работ и тщательно координировать усилия организаций – разработчиков отдельных стадий процесса. Для этого предлагается организовать Государственную компанию «Росуглехим», перед которой будут поставлены следующие задачи:

1. Разработка стратегии реализации процесса XTL для отдельных видов товарной продукции.

2. Создание полных технологических схем получения конкретных целевых и товарных продуктов.

3. Формирование технических заданий на создание технологий по стадиям.

4. Разработка требований к качеству продуктов каждой стадии.

5. Разработка требований к катализаторам каждой стадии.

6. Тщательный отбор соисполнителей, готовых предоставить или создать технологии для каждой отдельной стадии каждой схемы.

7. Выбор соисполнителей, готовых составлять рецептуры товарных продуктов – полных аналогов нефтепродуктов, а также новых продуктов.

В этом случае страна сохранит единственную в России и реально существующую в настоящее время в ООО «НТЦ-ИГИ» научно-производственную школу и опытно-экспериментальную базу по отработке перспективных технологий комплексного использования добываемых в РФ углей, горючих сланцев, торфа и биомассы, которая сможет уже сейчас передавать опыт с подготовкой научных и инженерных кадров *(рис. 3)*.

ВЫВОДЫ

Для создания в стране современных технологий крупнотоннажного производства синтетических углеводородов из ненефтяного сырья, в частности из углей, необходимо выработать четкую общую Государственную стратегию в области проведения экспериментальных работ и тщательно координировать усилия организаций – разработчиков процесса. Для этого предлагается организовать Государственную компанию «Росуглехим». В настоящее время научная и кадровая политика Минобрнауки не способна организовать такой цикл координированных исследований для развития угольной промышленности страны, о чем свидетельствует тема-

тика научных направлений выданных государственных заданий ФГБУ ИГИ.

Начать реальное выполнение поручений Президента и Правительства РФ по разработке технологий производства синтетической продукции из углей, которые прописаны в дорожной карте, подготовленной Минобороны и утвержденной аппаратом Председателя Правительства РФ.

Отработку технологий предлагается проводить на опытном заводе, сооружение которого предлагалось осуществить на территории бывшей Жилевской ОПОФ, которая была выбрана как наиболее подходящая для этого Контрольным Управлением Президента РФ совместно с представителями Минобороны, Росимущества и ведущего НИИ МО.

Ввиду того, что наиболее капиталоемкий узел в процессе производства синтетических топлив – это газификация углей (60-65% всех затрат), следует направить НИОКР на снижение стоимости узла газификации, что позволит делать конкурентной топливную продукцию из угля по сравнению с нефтяной.

На основе ракетных технологий группой ученых и инженеров создана оригинальная, не имеющая зарубежных аналогов конструкция прямоточно-вихревого газогенератора, которая по предварительным расчетам должна быть примерно в два раза дешевле традиционных газогенераторов аналогичной производительности. Следует завершить цикл технологических испытаний этого газогенератора

Производство синтетических жидких топлив может значительно упроститься применением другой новейшей отечественной технологии аллотермической высокотемпературной пароуглекислотной газификации угля, обеспечивающей высокое качество синтез-газа, простоту управления его составом и высокий выход синтез-газа благодаря использованию импульсно-детонационного горения для производства газифицирующего агента. Процесс необходимо отработать в опытно-промышленном масштабе. Использование этого процесса позволит вовлечь миллионы тонн зольных отходов добычи и обогащения углей в переработку с получением композиций ферросиликоалюминия и РЗЭ.

В энергетической стратегии России требуются изменения, элементами которых становятся синтетические жидкие топлива, произведенные на местах из бурых и каменных углей, что будет содействовать развитию отдаленных и недостаточно освоенных территорий Сибири и Арктики, труднодоступных для доставки традиционных нефтяных продуктов, но где есть иные богатейшие ресурсы – уголь (*см. рис. 3*).

При этом удешевление производства синтетического топлива является не противостоянием с нефтяным, а в совокупном применении дает улучшение экологических показателей выбросов от сжигания таких топлив. Технический прогресс дает газотурбинным двигателям преимущества перед поршневыми, при этом гибридные силовые установки новейших транспортных средств потребляют на 25% меньше топлива.

Список литературы • References

1. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования. Каталог-справочник. Под. общей редакцией В.М. Щадова. М.: НТК «Трэк», 2007. 292 с.
2. Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля. 1986. М.: Недра. 179 с.
3. Состояние и перспективы комплексного использования твердых горючих ископаемых. Юбилейный сборник трудов ИГИ. М.: НТК «ТРЭК», 2011. 376 с.
4. Социальная угольная энергетика, былое и будущее / К.Ю. Алексеев, Е.Г. Горлов, В.Г. Пилецкий и др. // Уголь. 2026;(2): 65-76. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-65-76.
   Alekseyev K.Yu., Gorlov E.G., Piletsky V.G., Frolov A.A., Frolov S.M. Social coal power generation: the past and the future. *Ugol'.* 2026;(2):65-76. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-65-76.
5. Газификация нефтешламов и нефтекокса методом дутонационной пушки / С.М. Фролов, В.А. Сметанюк, И.А. Садыков и др. // Горение и взрыв. 2024;17(2):55-79.
   Frolov S.M., Smetanyuk V.A., Sadykov I.A. et al. Gasification of oil sludge and oil coke using the blowtorch method / Gorenie i vzryv. 2024;17(2):55-79. (In Russ.).

Authors Information

Alekseyev K.Yu. – Full Member of the Russian Academy of Mining Sciences, President of the Association of Enterprises of the Coal Industry, Moscow, 107996, Russian Federation, e-mail: info@cool-union

Avdeev K.A. – PhD (Engineering), Leading Researcher, Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: kaavdeev@mai.ru

Gorlov E.G. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Scientific Supervisor of the Institute of Combustible Fossils – Scientific and Technical Center (ICF-STC LLC), Moscow, 125124, Russian Federation, e-mail: gorloveg@mail.ru

Piletsky V.G. – PhD (Engineering), Leading Researcher of the Institute of Combustible Fossils – Scientific and Technical Center (ICF-STC LLC), Moscow, 125124, Russian Federation, e-mail: pvg2000@yandex.ru

Frolov A.A. – Advisor to the Scientific Director of the Institute of Combustible Fossils – Scientific and Technical Center (ICF-STC LLC), Moscow, 125124, Russian Federation, e-mail: a.frolov@maxima.ru

Frolov S.M. – Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Head of the Department, Head of the Laboratory of the Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation, Professor of the National Research Nuclear University, 111250, Moscow, Russian Federation, leading Researcher of the Scientific Research Institute of System Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 117218, Russian Federation, e-mail: smfrolov@chph.ras.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.07.2026
Поступила после рецензирования: 17.09.2026
Принята к публикации: 30.09.2026

Paper info

Received July 25, 2026
Reviewed September 17, 2026
Accepted September 30, 2026