

На фото:
Комплекс глубокой переработки нефти Омского НПЗ («Газпром нефть»)
1. Челябинский электрометаллургический комбинат
2. Графитированные электроды «ЭПМ-НовЭЗ» (компания «Эл-6»)
3. Обожженные анодные блоки («Эл-6 Челябинск»)
4. Производство алюминия на заводе «Саянал» (группа «Русал»).

НЕФТЯНОЙ КОКС:

углубление нефтепереработки и перспективы расширения спроса

Запасы высококачественной легкой нефти постепенно истощаются, и на переработку поступает все больше тяжелой нефти. В связи с этим в процессе переработки углеводородного сырья постоянно увеличивается относительный объем тяжелых

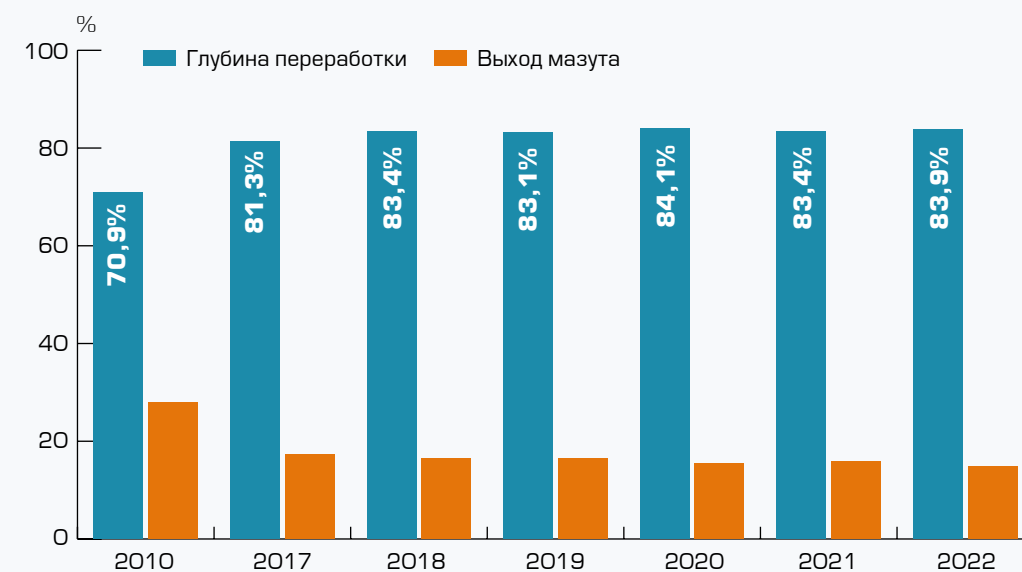
нефтяных остатков (ТНО) – мазута, полугудрона и гудрона. Выход таких продуктов составляет до 30% от изначального объема сырья. При этом в дальнейших экономических процессах задействована лишь небольшая доля нефтяных остатков, а оставшаяся их часть исполь-

зуется ненадлежащим образом, что приводит в том числе к загрязнению окружающей среды. К примеру, мазут сжигается в качестве топлива в котельных, ТЭЦ и корабельных топках со значительными выбросами серы и прочих вредных веществ.

Углубляем переработку

В последние годы все больше ужесточаются международные экологические требования к качеству топлива. Так, с начала 2020 года введен норматив Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO), согласно которому лимит на содержание серы в любом жидком судовом топливе должен составлять не выше 0,5% по массе (ранее – не выше 3,5%). В результате мировой спрос на мазут начал снижаться. Стоит отметить, что производимый в России мазут является высокосернистым, что ограничивает его использование для бункеровки морских судов и дальнейшей переработки.

Рисунок 1. Динамика глубины нефтепереработки в России



Источники: «Текарт», ЦДУ ТЭК, Минэнерго, АНН

Помимо требований к содержанию серы в судовом топливе, на сокращение спроса на мазут влияет общая тенденция перехода на альтернативный, более дешевый и экологичный вид топлива – природный газ. Спрос на газ растет не только в транспортном секторе. Например, использование мазута на ТЭЦ влечет за собой уплату повышенных штрафов за негативное воздействие на окружающую среду, что выступает стимулом использовать более экологичные топливные ресурсы.

На фоне ужесточения экологических требований, а также ограниченности запасов сырья одной из ключевых характеристик современной нефтяной отрасли является тенденция повышения глубины переработки нефти. Ежегодная модернизация НПЗ, ремонт и ввод в эксплуатацию установок вторичной переработки позволили увеличить этот показатель в среднем по России с 70,9% в 2010 году до 83,9% в 2022 году, что свидетельствует о повышении эффективности использования тяжелых нефтяных остатков.

Ольга Синицина,
ведущий аналитик
консалтинговой группы
«Текарт»

На фоне роста глубины переработки нефти наблюдается ежегодное снижение доли мазута в продуктовой корзине НПЗ: более чем за 10 лет показатель сократился с 28% до 15%.

Современные методы

Модернизация российских НПЗ, которая наиболее активно происходила последние 10 лет, характеризовалась вводом новых



Рисунок 2. Динамика производства нефтяного кокса в России



Источники: «Текарт», ФСГС РФ, данные компаний

мощностей по переработке тяжелых остатков, которые в том числе позволяют снизить долю мазута в общем объеме выпуска нефтепродуктов.

Условно можно выделить два варианта переработки нефтяных остатков: термические/экстракционные и каталитические процессы. К первой группе относятся деасфальтизация, замедленное коксование, висбрекинг, получение битумов. Вторая группа представлена каталитическим крекингом, гидроочисткой остатков, гидрокрекингом. Зачастую на НПЗ используется несколько

технологий переработки, что позволяет выпускать оптимальный ассортимент продукции.

Модернизация российских НПЗ строится преимущественно на вводе новых комплексов каталитического крекинга, гидрокрекинга и установок замедленного коксования (УЗК). В 2019 году Минэнерго РФ подписало соглашения с 11 НПЗ для стимулирования строительства установок вторичной переработки нефти в условиях завершения налогового маневра. На текущий момент продолжает действовать шесть таких соглашений.



Наследие советских времен

Наиболее простым из современных процессов углубления переработки нефти является висбрекинг: сырьем выступает гудрон, а основным получаемым продуктом – топочный мазут низкой вязкости. Это дает увеличение глубины переработки на 13%.

Полученные в результате висбрекинга светлые фракции подвергаются дальнейшей очистке и могут быть использованы для производства товарных светлых нефтепродуктов.

Ввиду ухудшения качества гудронов, вызванного активным строительством большого количества установок каталитического крекинга и гидрокрекинга (сырье для них – вакуумный газойль), установки висбрекинга уступают место прочим технологиям.

Каталитические процессы набирают обороты

Наибольшее количество российских мощностей с использованием каталитических технологий приходится на каталитический крекинг. Общее углубление переработки нефти на установках каталитического крекинга составляет от 20% до 40%. Процесс крекинга осуществляют на установках с непрерывно циркулирующим твердым катализатором, который последовательно проходит через зону реакции, а затем через зону регенерации самого катализатора. Основными целевыми продуктами каткрекинга являются бензин, легкий и тяжелый газойль; побочными продуктами – сухой газ, кокс.

В 2022 году, после введения запрета на импорт катализаторов, нефтеперерабатывающая отрасль столкнулась с нехваткой материала ввиду высокой степени импортозависимости: по разным видам катализаторов показатель варьируется в диа-



пазоне 70–80%. Наиболее остро проблема импортозамещения стоит в секторе катализаторов каткрекинга, гидроочистки и гидрокрекинга.

В 2022 году ООО «РН-Кат» («Роснефть») запустило первое в России промышленное производство катализатора гидрокрекинга мощностью 4 тыс. тонн в год. Также в 2023 году должен состояться запуск катализаторного производства «Газпром нефти»: первая очередь позволит выпускать 6 тыс. тонн катализаторов гидропроцессов в год; вторая очередь предполагает производство катализаторов каткрекинга (15 тыс. т/г). Запуск новых производств в совокупности с увеличением сроков модернизации НПЗ позволит в среднесрочной перспективе удовлетворить растущий спрос и обеспечить дальнейшее наращивание мощностей по глубокой переработке нефтяных остатков.

Наиболее быстро развивающимся видом переработки

ТНО как в мире, так и в России являются процессы гидрокрекинга. Ключевое отличие от каткрекинга – высокое давление водорода в системе, регулирование которого позволяет осуществить более глубокие и полезные преобразования сырья. Установки гидрокрекинга позволяют получать из вакуумного газойля до 60% масс. дизельных фракций высокого качества и до 15% бензиновых фракций с низким содержанием серы, а также авиакеросин. Сочетание установок гидрокрекинга и каткрекинга позволяет довести общую глубину переработки на НПЗ до 95–97%.

Такие технологии, как H-Oil, LC-fining, T-Star, установки гидрокрекинга в трехфазном кипящем слое на сегодняшний день в мире реализованы лишь в небольшом количестве, что вызвано высокими инвестиционными затратами и значительными расходами дорогостоящего катализатора. В конце 2022 года состоялась

Наиболее емкие и перспективные сферы роста спроса на нефтекокс – производство анодной продукции и графитированных электродов

Одна из сфер применения нефтяного кокса – изготовление кремния для производства солнечных батарей

открытие первого в мире комплекса глубокой переработки тяжелых остатков (КГПТО) на АО «ТАИФ НК», работающего по технологии Veba Combi Cracking (VCC), которая позволит достичь конверсии гудрона высокосернистой нефти в светлые нефтепродукты до 95%. Установка может перерабатывать 2,7 млн тонн вакуумных остатков и 1 млн тонн вакуумного газойля в год, в результате чего произойдет увеличение производства дизельного топлива экологического стандарта Евро-5.

Также к инновационным российским разработкам можно отнести разработанную ИИХС РАН им. А. В. Топчиева технологию гидроконверсии тяжелых остатков на ультрадисперсных катализаторах (Russian Slurry Hydro conversion). В настоящее время проектные испытания ведутся на НПЗ АО «ТАНЕКО»: мощность установки позволяет перерабатывать 50 тыс. тонн гудрона в год.

Закоксуем ТНО

Несмотря на существование достаточно большого количества технологий дальнейшего преобразования ТНО, наиболее популярными на российских НПЗ остаются установки замедленного коксования (УЗК), которые представляют собой процесс термического крекинга для переработки тяжелых фракций нефти в более легкие газообразные и жидкие



Строительство производства графитированных электродов на Омском НПЗ в 2021 году

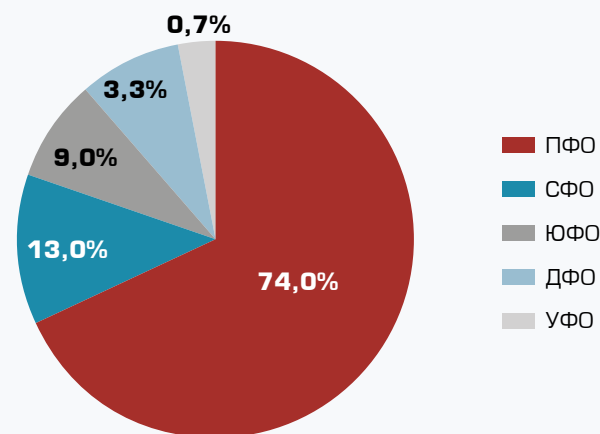
Газпром нефть

продукты и твердый (сырой) нефтяной кокс. Данная технология, по сравнению с гидрокрекингом, требует меньших вложений как в процессе строительства, так и при эксплуатации. Но из-за высокой сернистости российской нефти кокс также выходит с повышенным содержанием серы, что серьезно ограничивает сферу его применения.

В России первая УЗК мощностью 300 тыс. тонн сырья в год заработала в 1956 году в Республике Башкортостан на Ново-Уфимском нефтеперерабатывающем заводе.

В настоящий момент в России действует 11 таких установок, их мощность позволяет перерабатывать около 15 млн тонн ТНО. При таком объеме на выходе можно получить 5,5 млн тонн сырого нефтяного кокса. По итогам 2022 года был зафиксирован рекордный объем производства – 4,6 млн тонн (+23% к уровню 2021 года), загрузка мощностей составила 84%. Достигнуть таких показателей удалось как за счет увеличения спроса со стороны зарубежных и отечественных потребителей, так и благодаря увеличению мощностей ранее действующих УЗК (+1,2 млн тонн).

Рисунок 3. География мощностей установок замедленного коксования в России



Источники: «Текарт», ФСГС РФ, данные компаний

Региональное распределение объемов производства нефтяного кокса выглядит следующим образом: основная доля мощностей установок замедленного коксования (74%) приходится на Приволжский федеральный округ, где расположено шесть производственных площадок. На втором и третьем месте располагаются Сибирский и Южный федеральные округа – 13% (две установки) и 9% (одна установка) соответственно.

Нужно меньше серы

Наиболее важный показатель для сырого нефтяного кокса – содержание серы, которая является нежелательной примесью. В зависимости от ее массовой доли можно выделить следующие виды продукта: малосернистый (до 0,5%), среднесернистый (до 1,5%), сернистый (до 4%) и высокосернистый (свыше 4%). На текущий момент подавляющий объем производства сырого нефтяного кокса (70%) в РФ относится к двум последним категориям.

Если говорить про малосернистый кокс, то в России он не производится, поскольку основной объем добычи нефти с низким содержанием серы идет на экспорт, а не на переработку. Для закрытия потребностей в данном виде продукта российские потребители обращаются к зарубежным поставщикам из Азербайджана и Туркменистана. Содержание серы в поставляемом из этих стран нефтяном коксе составляет 0,4–1,0%.

В зависимости от содержания летучих веществ можно выделить такую категорию продукта, как коксующая добавка. Другими словами, это сырой нефтяной кокс марки С с выходом летучих веществ свыше 15%. В настоящее время производить такую добавку в России могут только три предприятия: «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», «Башнефть-Уфанефтехим» и «Башнефть-Новоил».

Всем по «коксу»

Сферы применения нефтяного кокса довольно обширны. Основной объем потребления как в мире, так и в России приходится на производство анодной массы и обожженных анодных блоков, которые используются для выплавки алюминия, а также на выпуск графитированных электродов для сталеплавильных печей. По оценке КГ «Текарт», на их долю суммарно приходится около 90% потребления. Помимо этого, нефтяной кокс применяется в следующих сферах:

- изготовление кремния для химической и электротехнической промышленности, производства солнечных батарей;
- производство цветных металлов, где фокусный продукт используется в качестве сульфидизатора;
- использование в качестве конструкционных материалов для изготовления химической аппаратуры;
- сжигание в качестве топлива (характерно для высокосернистого кокса) и проч.

Что касается низкокачественного высокосернистого кокса (коксующей добавки), то данный вид продукта широко применяется как компонент шихты для получения металлургического кокса, а также является

составляющей пылеугольного топлива (ПУТ) для доменной выплавки.

Мировая практика свидетельствует о том, что 75–80% производимого нефтяного кокса используется в качестве топлива при сжигании на электростанциях и в цементных печах. В России эта сфера применения на текущий момент не развита, поскольку объем производства подходящего кокса небольшой, а имеющийся продукт используется в других областях: в частности, служит компонентом шихты коксования, а также применяется для производства анодной массы, где предварительно подвергается смешиванию с низкосернистым коксом.

Алюминий в фаворитах

Наиболее перспективным направлением применения нефтяного кокса является алюминиевая промышленность, где из него выпускают анодную массу и блоки. Прежде чем вовлечь нефтяной кокс в процесс производства, его подвергают прокаливанию, в результате которого удаляется излишняя влага и летучие вещества, увеличивается плотность, повышается электропроводность и механическая плотность. Выход прокаленного

го кокса составляет около 80% от исходной массы. В настоящее время в России существует восемь площадок по производству такого кокса.

Преимущественно для прокаливания используются сорта низкосернистого и сернистого кокса. Однако в общую массу в ограниченных количествах также добавляется кокс с повышенным содержанием серы, что связано с дефицитом высококачественной продукции.

В России основным потребителем нефтяного кокса выступает компания «РУСАЛ», производитель первичного алюминия. Продукт используется как для выпуска обожженных анодных блоков, так и для анодной массы. По состоянию на конец 2019 года основной объем производства алюминия (~60%) приходился на технологию Содерберга, предусматривающую электролиз с самообжигающимися анодами. В данном случае применяется анодная масса.

Обожженные анодные блоки выпускаются на двух предприятиях «РУСАЛа»: Саяногорском и Волгоградском алюминиевых заводах. В ближайшей перспективе данное направление будет активно развиваться. Так, в 2024 году ожидается запуск еще одной площадки – второй очереди Тайшетской



Волгоградский алюминиевый завод – одно из двух предприятий «РУСАЛа», единственных в России выпускающих обожженные анодные блоки

Русал



«РУСАЛ» планирует запустить в 2024 году вторую очередь Тайшетской анодной фабрики с собственной установкой прокаливания нефтяного кокса

анодной фабрики мощностью 400 тыс. тонн обожженных анодов. Также на предприятии будет действовать своя установка прокаливания нефтяного кокса.

В связи с ростом спроса со стороны потребителей в 2023 году челябинская площадка компании «Эл-6» (бывш. «Группа ЭПМ») возобновила производство анодных блоков. Мощности были остановлены в 2019 году, однако уже в 2021 году компания заявила о планах по расконсервации промышленной линии.

Сталь на коксовой игле

По мнению экспертов отрасли, еще одной из наиболее перспективных сфер потребления нефтяного кокса является производство графитированных электродов. Они применяются в процессе выплавки стали в электрических печах (электросталеплавильный метод). Доля данного метода в процессе производства стали в последние несколько лет увеличивалась.

Производителями графитированных электродов

в России являются филиалы компании «Эл-6» и Челябинский электрометаллургический комбинат. Также в 2022 году «Газпром нефть» заявила о реализации проекта по строительству завода графитированных электродов годовой мощностью свыше 45 тыс. тонн. Это поможет металлургическим компаниям снизить импортозависимость от данной продукции, которая составляет свыше 50% от общего объема потребления.

Для выпуска графитированных электродов необходим прокаленный или игольчатый нефтяной кокс. Выпуск последнего в настоящий момент в России не налажен, а вся потребляемая продукция – импортного происхождения. Однако соответствующий проект по запуску производства игольчатого кокса осуществляет «Газпромнефть-ОНПЗ». В результате модернизации действующих мощностей предприятие будет способно вырабатывать до 38,7 тыс. тонн продукта в год. Запуск участка планируется в 2024 году.

Коксохиму нужна добавка

Низкокачественный высокосернистый кокс с повышенным содержанием летучих веществ (коксовая добавка) пользуется повышенным спросом у коксохимических предприятий. Продукт добавляют в угольную шихту (не более 30% от общей массы), благодаря чему возможно минимизировать использование угля марок К и К2, а также улучшить качество и увеличить объем вырабатываемого металлургического кокса.

Будущее за модернизацией

В настоящее время для России одной из главных стратегических задач является модерниза-

ция отрасли нефтепереработки, которая длится уже более 10 лет и цели которой (углубление переработки до 90%) на сегодняшний момент пока не достигнуты. Игроки нефтяного рынка продолжают активно инвестировать в развитие своих производственных площадок, модернизируя действующие мощности и выполняя строительство новых участков.

Нельзя не отметить события февраля 2022 года и их влияние на развитие отрас-

ли переработки. В результате введенных санкций в Россию был запрещен экспорт европейских технологий и оборудования, что могло негативно сказаться на планах модернизации производств. Однако, по данным участников рынка, ведущим компаниям удалось заменить санкционное оборудование на российское, а также на продукцию дружественных стран. Компания «Газпром нефть» и вовсе заявляет о планах по развитию

собственных технологий в нефтепереработке.

В перспективе до 2030 года в России планируется ввести свыше 10 модернизированных и построенных с нуля установок замедленного коксования, что позволит увеличить мощности по переработке тяжелых нефтяных остатков более чем на 20 млн тонн. Ряд предприятий будет иметь возможность производства коксовой добавки с повышенным содержанием летучих веществ (свыше 15%). ●

Планы российских нефтегазовых компаний по расширению мощностей замедленного коксования

Предприятие	Регион	Головная организация	Вид работ с УЗК	Мощность УЗК, млн тонн	Год запуска
Новокуйбышевский НПЗ	Самарская область	Роснефть	Модернизация	1,5 (+0,9)	2023
Ачинский НПЗ	Красноярский край	Роснефть	Строительство	1	2024
Славнефть-ЯНОС	Ярославская область	Роснефть, Газпром нефть	Строительство	3,4	2024
Газпромнефть – МНПЗ	Московская область	Газпром нефть	Строительство	2,4	2025
Орскнефтеоргсинтез	Оренбургская область	ФортеИнвест (Сафмар)	Строительство	1,2	2025
Афипский НПЗ	Краснодарский край	ФортеИнвест» (Сафмар)	Строительство	1,6	2026
Башнефть-УНПЗ	Республика Башкортостан	Роснефть	Строительство	2	2026
Киришинефтеоргсинтез	Ленинградская область	Сургутнефтегаз	Строительство	3	2026
Новошахтинский завод нефтепродуктов (НЗНП)	Ростовская область	–	Строительство	1,9	2026–2027
Сызранский НПЗ	Самарская область	Роснефть	Строительство	1,4	2027
Ангарская НХК	Иркутская область	Роснефть	Модернизация	1 (+0,36)	2027
Саратовский НПЗ	Саратовская область	Роснефть	Строительство	1,6	До 2030
Рязанская нефтеперерабатывающая компания (РНПК)	Рязанская область	Роснефть	Строительство	3,8	До 2030
Всего				25,8	

Источники: «Текарт», данные компаний



Первая УЗК на российских НПЗ появилась в Башкирии в 1956 году. В рамках модернизации уфимских заводов планируется ввод новой мощной УЗК в 2026 году