

# МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСКОВСКОГО НПЗ



Развитие топливно-энергетического сектора экономики напрямую связано с пуском мощностей вторичной переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ). Российскими нефтяными компаниями в рамках четырехсторонних соглашений между ФАС, Ростехнадзором, Росстандартом и представителями отрасли в 2011 г. были приняты обязательства по выполнению программ модернизации нефтеперерабатывающих заводов для производства нефтепродуктов, соответствующих требованиям технического

регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», и увеличения глубины переработки нефти.

При разработке и реализации проектов эколого-технологической модернизации Московского НПЗ применены наилучшие доступные и перспективные технологии, что позволило достичь целевых значений ресурсной и экологической эффективности.

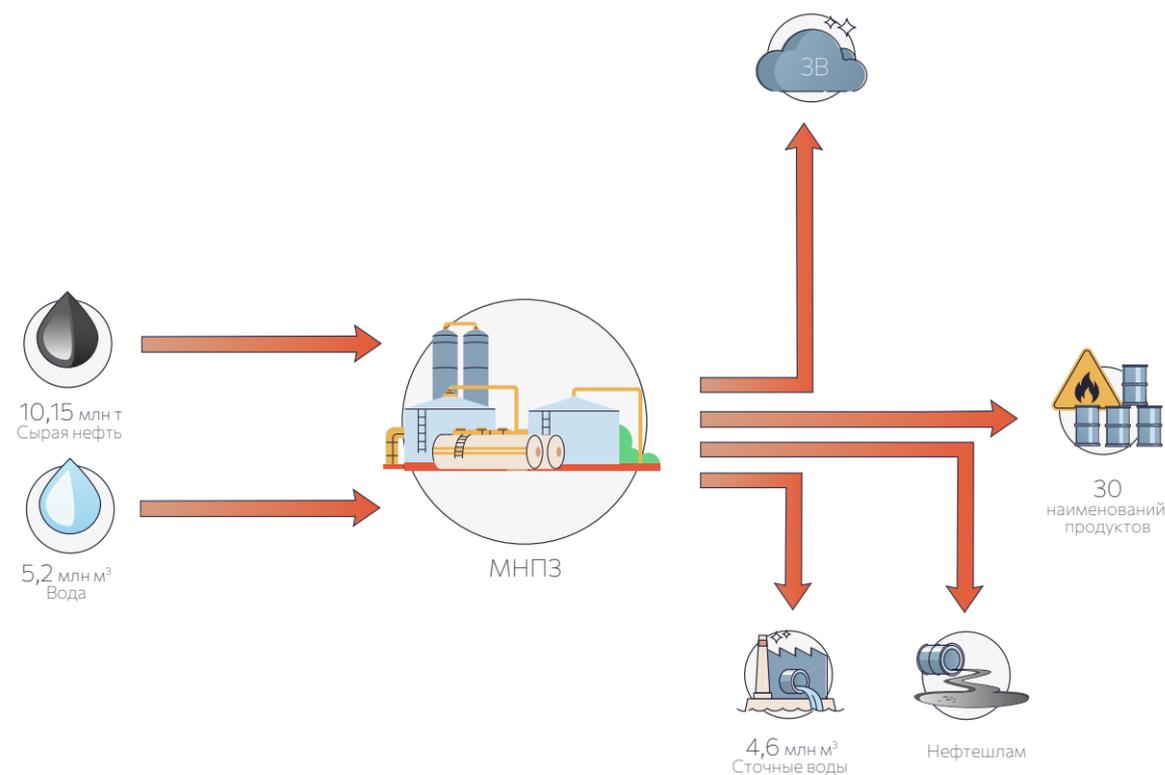
Основным результатом завершения второй стадии модернизации Московского НПЗ в 2020 г. стал ввод в эксплуатацию комплексной установки переработки нефти «ЕВРО+», заменившей устаревшие установки малого технологического кольца.

Комплексные решения с применением НДТ позволили на период 2021 г. увеличить глубину переработки нефти с 72 до 85% и расширить перечень наименований выпускаемой продукции с 30 до 66 шт., в том числе наладить выпуск

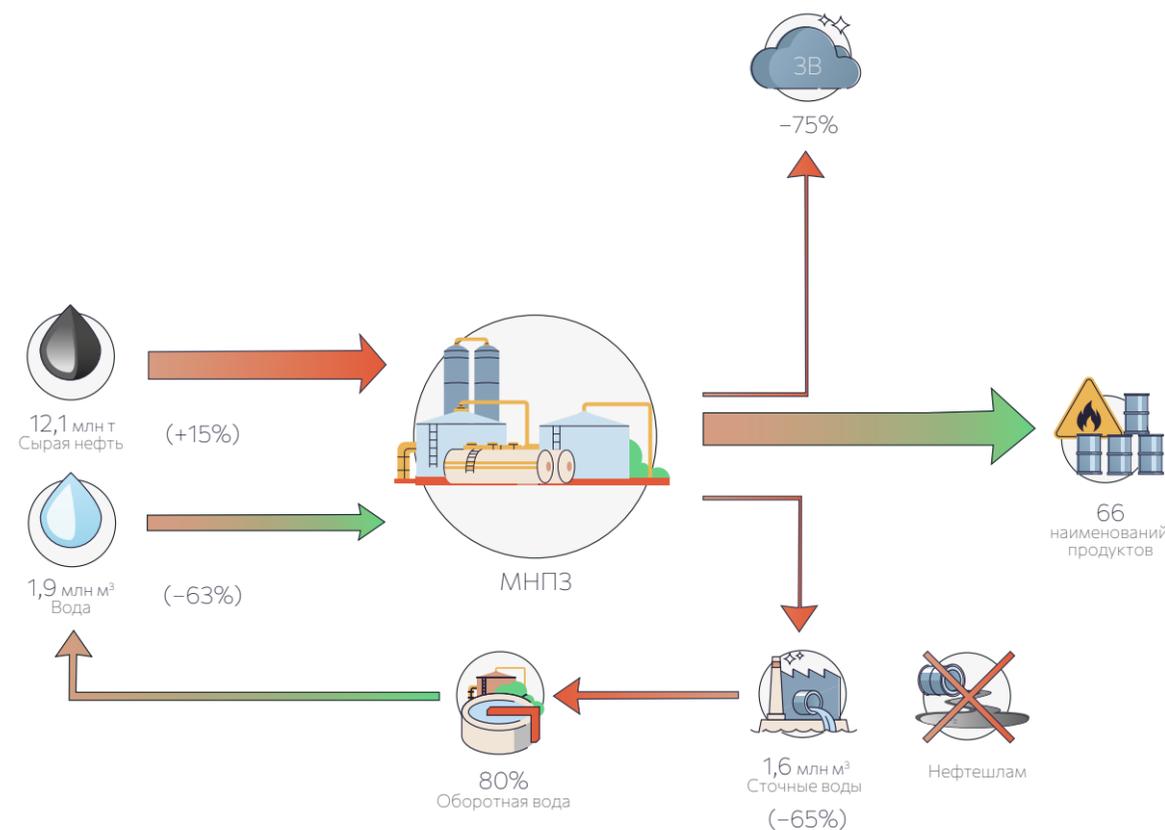
моторного топлива экологического класса Евро-5; бензина АИ-100; арктического дизельного топлива.

Ряд технологических новшеств, таких как замыкание множества процессов в единый контур, ввод в эксплуатацию биологических очистных сооружений, утилизация нефтешламов, позволил сократить воздействие на окружающую среду на 75% к 2021 г. и перейти на систему оборотного водоснабжения (80% от всей используемой заводом воды).

## 2010



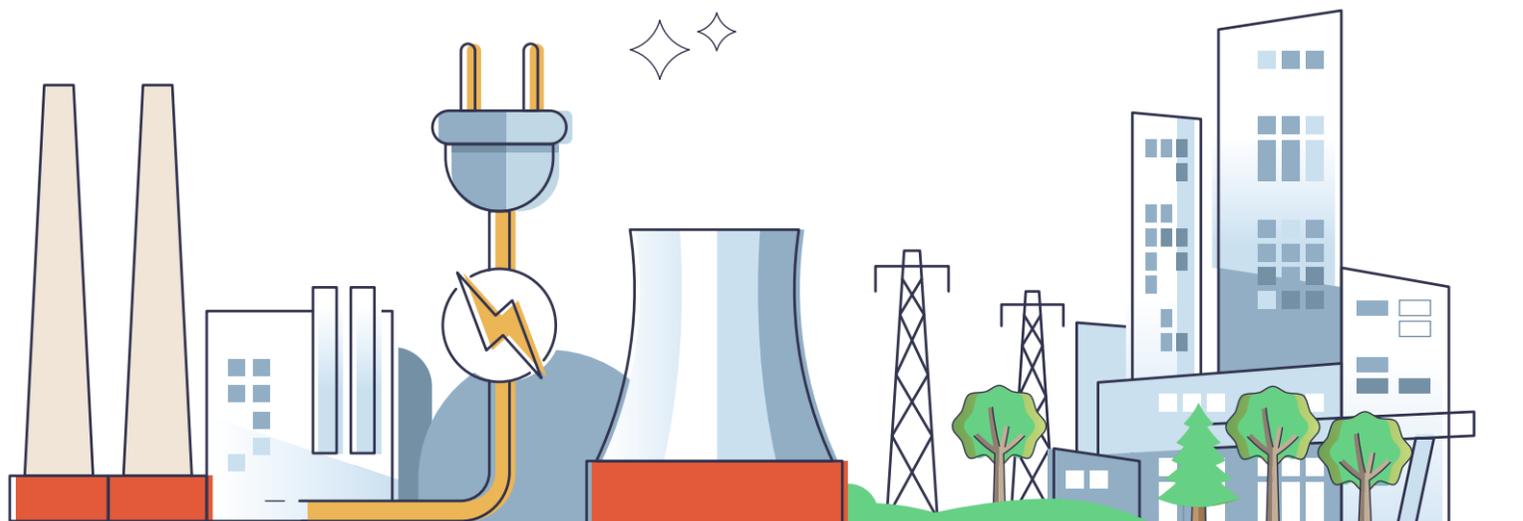
## 2022



УДК 665.6/7

## МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСКОВСКОГО НПЗ

### На пути реализации концепции ресурсной эффективности



#### В.С. Петросян

заслуженный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, Вице-президент РАЕН, эксперт ООН по химической безопасности, д.х.н.

#### Ю.Ю. Ерохин

начальник управления промышленной безопасности и экологии АО «Газпромнефть — Московский НПЗ»

#### М.Н. Богова

инженер отдела охраны окружающей среды АО «Газпромнефть — Московский НПЗ»

#### Ю.Н. Бурвикова

ведущий научный сотрудник научно-консультационного отдела ФГАУ «НИИ «ЦЭПП», к.х.н.

#### А.А. Фирер

доцент кафедры общей и неорганической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева, к.х.н.

По материалам статьи: Петросян В.С., Ерохин Ю.Ю., Гусева Т.В., Богова М.Н., Аверочкин Е.М. Опыт технологической модернизации нефтеперерабатывающего предприятия: внедрение наилучших доступных технологий и повышение экологической эффективности производства // Экология и промышленность России. — 2022. — Т. 26. — № 4.

Приоритетным направлением промышленной политики в последнее время становится повышение ресурсной эффективности и расширение практики ресурсосбережения, при этом увеличение глубины переработки полезных ископаемых и рациональное использование земельных ресурсов способствует усилению значимости экологической составляющей проекта.

Комплексные подходы к модернизации производственных процессов получили отражение в целях устойчивого развития, которые предполагают не просто использование технологических инноваций, но в первую очередь повышение энерго- и ресурсоэффективности за счет применения методов ответственного производства, а также формирование экономики замкнутого цикла, что подразумевает более полную переработку сырья

с одновременным снижением потребления энергии и воды в производственных процессах и сокращением эмиссий.

Согласно Энергетической стратегии РФ до 2035 г. [1], целевое развитие нефтеперерабатывающей промышленности позволит достичь соотношения установленных процессов первичной и вторичной переработки нефти к 2024 и 2035 гг. до 1 и 1,2 единицы соответственно. При этом планируется увеличение выхода светлых нефтепродуктов к 2024 г. до 65%, а к 2035 — до 70%.

Московский НПЗ, являясь крупнейшим предприятием, расположенным в границах мегаполиса, ответственно подошел к вопросам модернизации и использованию на практике устойчивых методов производства и управления. В ходе



РИС. 1. Данные о средней глубине переработки нефти

технологической модернизации на МНПЗ активно применяют концепцию наилучших доступных технологий (НДТ) и учитывают отраслевые критерии НДТ для создания нового производства, отвечающего целям устойчивого развития [2].

В результате внедрения ряда новых технологических решений Московский НПЗ демонстрирует как соответствие требованиям НДТ, так и высокий потенциал для дальнейшего развития производства. Проекты реконструкции включают ответственное отношение к снижению воздействия предприятия на окружающую среду, включая 100%-ю утилизацию нефтесодержащих загрязнений прошлых лет.

Самая масштабная в истории завода модернизация производства, рассчитанная на период 15 лет, началась в 2011 г. При этом решались не только задачи увеличения общей рентабельности производства, совершенствования технологических процессов, повышения ресурсной эффективности и глубины переработки нефти, выпуска целого

ряда новых наименований продуктов, но и сокращения воздействия производства на окружающую среду.

За 10 лет модернизации Московского НПЗ количество перерабатываемой нефти увеличилось с 10 до 12 млн т в год, при этом основные экономические показатели переработки существенно возросли, так, глубина переработки нефти в 2010 г. составляла 72%, а в 2021 г. возросла до 85% (рис. 1). Увеличение эффективности стало возможно за счет использования комплексных (комбинированных) установок полного цикла. К 2025 г. Московский НПЗ, реализуя концепцию максимальной ресурсоэффективности, планирует построить комплекс глубокой переработки нефти (КГПН), который позволит увеличить глубину переработки нефти почти до 100%.

Сама идея соединять при переработке нефти несколько технологических процессов в один, минуя стадии промежуточного хранения получающихся нефтепродуктов, появилась еще в 30-е гг. XX в. Первые комбинированные установки объединяли процессы первичной переработки, термкрекинга и вторичной ректификации бензинов. На МНПЗ не один десяток лет работают установки типа ЭЛОУ-АВТ, объединяющие процессы обессоливания и атмосферно-вакуумной перегонки.

Ключевой стадией второго этапа модернизации стало введение в эксплуатацию в 2020 г. комбинированной установки переработки нефти «ЕВРО+» [3], которая полностью заменила устаревшее оборудование так называемого малого технологического кольца (МТК). Установки МТК (рис. 2) были построены еще в 60-х гг. XX в. и, несмотря на регулярное проведение капитальных ремонтов

и реконструкции, уже не соответствовали современным требованиям. Кроме того, при размещении установок в разных частях завода неэффективно использовалось пространство промплощадки.

Поступающая на завод нефть представляет собой устойчивую эмульсию, насыщенную солями. Попадание неподготовленной нефти на установки завода приведет к выходу их из строя, в связи с этим первой установкой, которая используется в технологическом цикле, является электрообессоливающая установка (ЭЛОУ). Далее подготовленная нефть отправляется на фракционирование, при этом установки атмосферно-вакуумной перегонки в различных вариациях (АТ, АВТ, ВТ) также являются неотъемлемой частью любого нефтеперерабатывающего завода.

Именно вторичная переработка нефти дает основную часть высококачественной продукции. Она основана на двух основных типах процессов: деструктивные углубляющие и облагораживающие [4].

Деструктивные углубляющие процессы способствуют переработке тяжелых фракций в качественные моторные топлива и битумы, к таким процессам относят каталитический крекинг, каталитический гидрокрекинг, замедленное коксование, висбрекинг. Облагораживающие процессы предназначены для улучшения качества выходящих прямогонных фракций, к ним относятся каталитический риформинг, каталитическая гидроочистка, алкилирование и другие.

Процесс каталитического риформинга предназначен для получения ценного высокооктанового ароматического компонента автомобильных

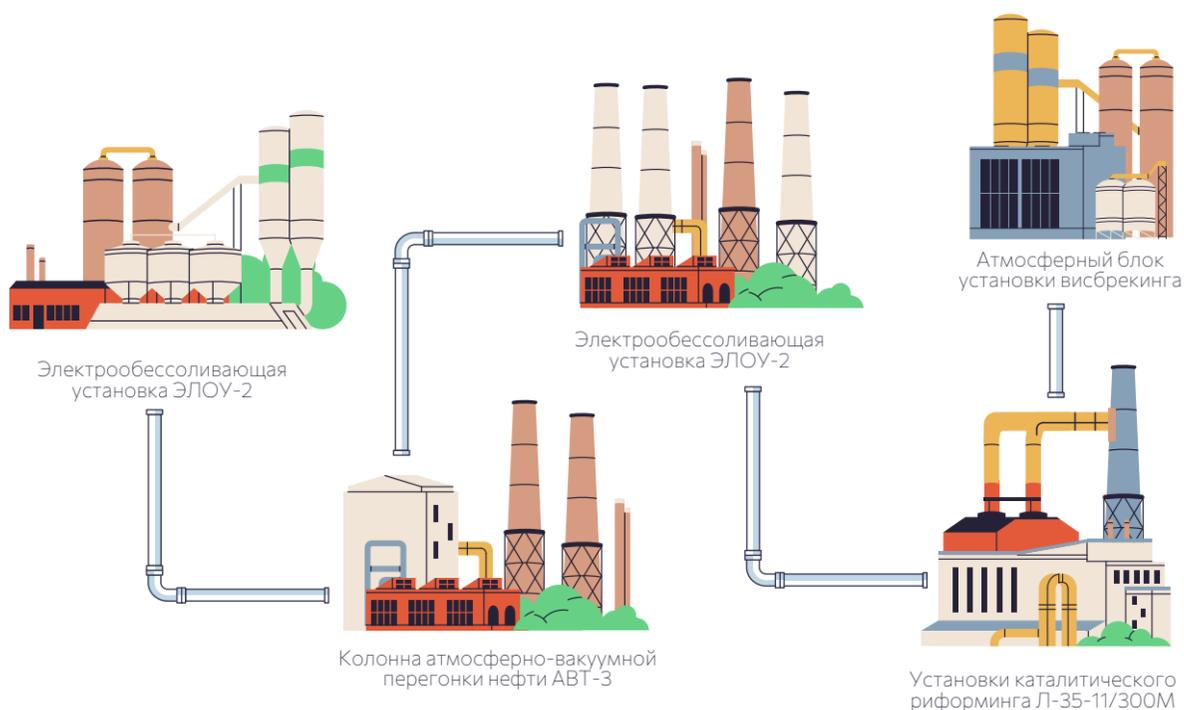


РИС. 2. Схема установок малого технологического кольца

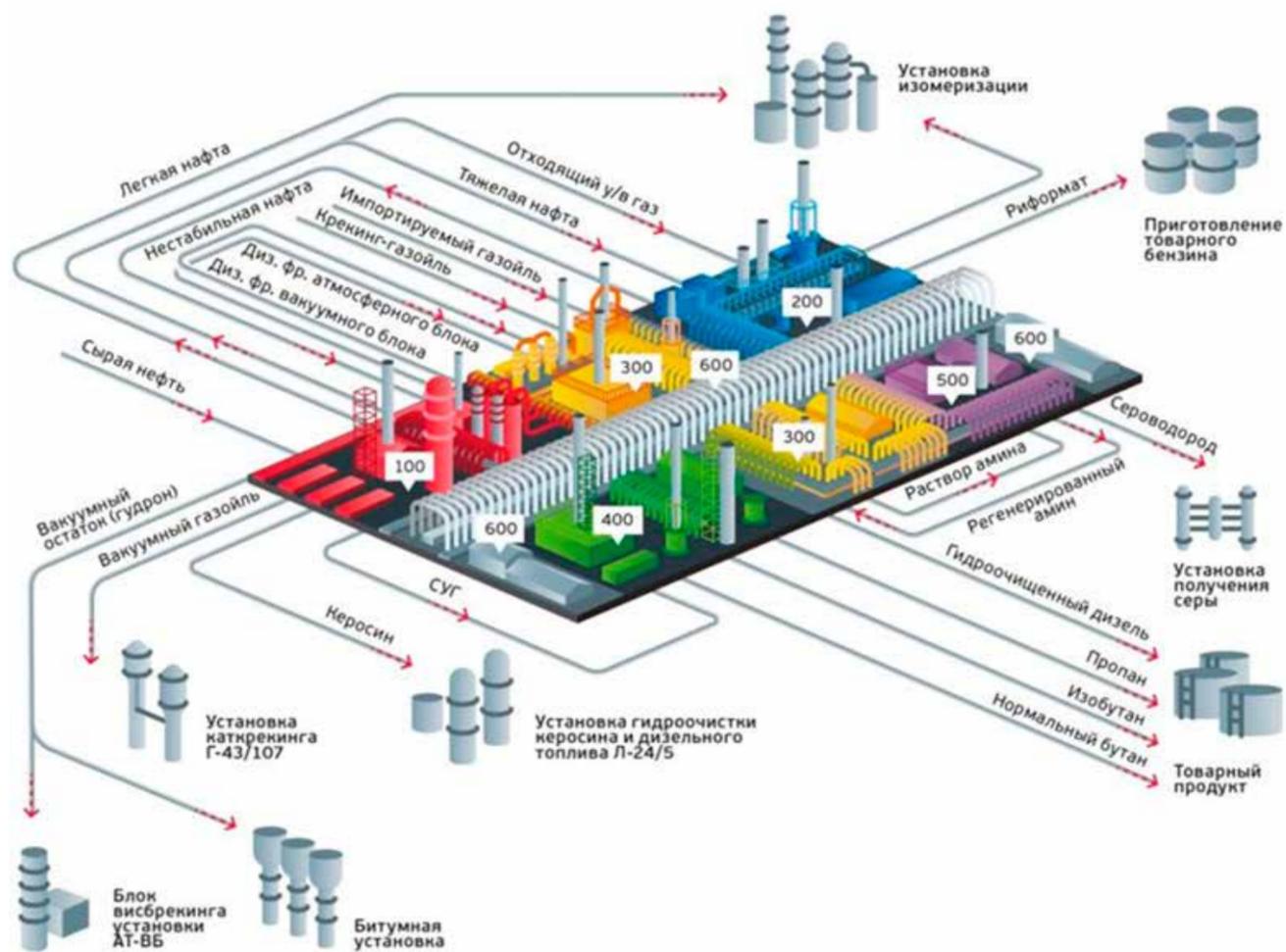


РИС. 3 Схема комплексной установки по переработке нефти («ЕВРО+»)

**Состав установок:** Секция 100. Первичная атмосферно-вакуумная перегонка (ЭЛОУ-АВТ-6); Секция 200. Установка риформинга бензиновых фракций; Секция 300. Установка гидроочистки дизельного топлива (дистиллята), включающая в себя установку депарафинизации; Секция 400. Установка для фракционирования углеводородных газов с блоком демеркаптанизации; Секция 500. Блок регенерации аминов; Секция 600. Блок общеинженерных систем

бензинов — риформата. Риформат используют как высокооктановую добавку к моторным топливам или же для получения индивидуальных аренов (бензол, толуол, ксилолы и др.), которые являются ценным сырьем для нефтехимического синтеза. Кроме того, в процессе риформинга образуется значительное количество водородсодержащего газа, необходимого для процессов гидроочистки, изомеризации, гидрокрекинга.

Висбрекинг представляет собой процесс неглубокого термического крекинга тяжелых видов сырья, таких как гудрон, мазут и других остаточных продуктов. Цель висбрекинга состоит в снижении вязкости остаточных продуктов для дальнейшего использования их в качестве компонента в производстве разных марок топочного мазута.

Одним из главных показателей эффективности работы любого НПЗ является глубина переработки нефти. За счет введения в эксплуатацию комплексной установки «ЕВРО+» (рис. 3) глубина переработки нефти на Московском НПЗ увеличилась с 72 до 85%, что позволило существенно расширить перечень выпускаемой продукции до 66 наименований товарных продуктов в 2021 г.

Применение новых технологических решений позволило наладить производство бензина АИ-100, арктического дизельного топлива, увеличить выпуск моторного топлива экологического класса Евро-5, полимерно-модифицированных и дорожных вязких битумов, гранулированной серы, судового топлива с повышенными экологическими свойствами.

Все производственные процессы в комплексе «ЕВРО+» расположены в предельной близости друг от друга на площади 6 га и технологически объединены. При этом «ЕВРО+» занимает на 15% меньше площади по сравнению с установками «малого технологического кольца» и потребляет на 15% меньше энергии и топлива [5, 6]. Такие результаты стали возможны за счет внедрения комбинированных процессов, исключающих использование промежуточных резервуаров для хранения продукта, уменьшения длины трубопроводов и оптимизации нагрева, в том числе за счет плотной застройки комплекса, которая достигает 86%.

Кроме того, за счет плотности застройки удалось достичь интеграции тепловых потоков при нагреве сырья и охлаждении продуктов: продукты, которые необходимо охладить, отдают свою энергию сырью, которое необходимо нагреть. Так достигается максимальная энергоэффективность и снижаются эксплуатационные затраты.

Снизилось общее потребление ресурсов тепловой энергетики из внешних сетей (Московский НПЗ обслуживается ТЭЦ-22), потребление речной воды при снабжении паром сократилось на 64% с 5,2 млн м<sup>3</sup> в 2010 г. до 1,9 млн м<sup>3</sup> в 2021 г.

Установка «ЕВРО+» способна выполнять полный цикл переработки — от принятия сырой нефти до выхода товарного продукта.

При этом персонал установки составляет всего 80 человек, что стало возможным благодаря высокотехнологичной автоматизированной системе управления технологическими процессами.

Обновление производства с введением комплексных решений не только привело к повышению эффективности и глубины переработки нефти, но и к снижению воздействия на окружающую среду. При этом выделять долю так называемых природоохранных инвестиций нецелесообразно, так как внедрение современных технологических линий для экологической составляющей не менее важно, чем, например, строительство очистных сооружений или введение элементов экономики замкнутого цикла.

Благодаря оптимизации производственных процессов в них вовлечены все технологические газы, а система утилизации (факельная установка) используется суммарно не более 1 дня в году. Также процесс утилизации проходит в закрытой защищенной огнеупорной камере на установке «ЕВРО+». Факельная установка высотой 42 м, оснащенная 128 горелками, полностью исключает как открытое горение, так и образование теплового шлейфа, позволяя при этом добиться низкого уровня шума и практически полного отсутствия запаха.

Московский НПЗ является социально-экологически ответственным предприятием, которое на постоянной основе проводит работы по мониторингу состояния атмосферного воздуха вблизи предприятия, хотя такая деятельность, в отличие от производственного экологического контроля, не является обязательной [7].

Улучшение качества воздуха, которое фиксируется как на территории предприятия, так и в прилегающих жилых районах, стало одним из самых очевидных эффектов экологической составляющей программы модернизации. В результате замыкания

множества процессов в единый контур и компактного размещения технологических установок значительно сокращены длины трубопроводов и существенно снижены объемы аппаратных дворов, таким образом, воздействие на окружающую среду удалось снизить на 75%, при этом в отходящих газах практически полностью отсутствуют серосодержащие органические вещества и сероводород.

Одной из значимых частей программы комплексной модернизации была задача утилизации нефтесодержащих отходов, скопившихся на территории предприятия за годы работы.

Московский НПЗ первым из нефтеперерабатывающих заводов России завершил ликвидацию всех исторически накопленных нефтесодержащих отходов. За время модернизации утилизировано более 180 тыс. т нефтесодержащих отходов. Это дало возможность освободить порядка 15 га территории предприятия. Основным методом утилизации стала биологическая деструкция или биоремедиация. Данная технология предполагает использование микроорганизмов, которые расщепляют углеводороды, входящие в нефтешламы.

В настоящее время нефтесодержащие отходы утилизируют в полном объеме образования, к тому же на заводе полностью утилизировали отходы прошлых лет, что позволило ликвидировать пруды-отстойники и демонтировать старые очистные сооружения. Полученный грунт-рекультивант использовали для благоустройства промышленных площадок самого завода, а на высвободившейся территории построили инновационные биологические очистные сооружения «Биосфера» и разбили

ландшафтный парк площадью более 1,5 га, в котором высадили 200 деревьев и 3000 кустарников.

Таким образом, МНПЗ в короткий срок (с 2011 по 2021 г.) успешно решил вопрос утилизации отходов, накопленных за предыдущие периоды, полностью замкнув цикл утилизации.

Следующей важной задачей эколого-технической модернизации предприятия следует считать переход на замкнутые системы водного хозяйства, исключая или значительно сокращающие сброс отработанной воды на городские очистные сооружения.

Организация замкнутых циклов, как сырьевых, так и ресурсных, — основной путь для перехода предприятия к устойчивому развитию и обеспечению внедрения НДТ. Не случайно одним из основных показателей эффективности водопользования промышленного предприятия традиционно считается процент оборотной воды.

Заводы по переработке нефти относятся к водоемким производствам. Технология нефтеперерабатывающего завода предусматривает использование воды во всех процессах нефтепереработки, в том числе для охлаждения и конденсации продуктовых

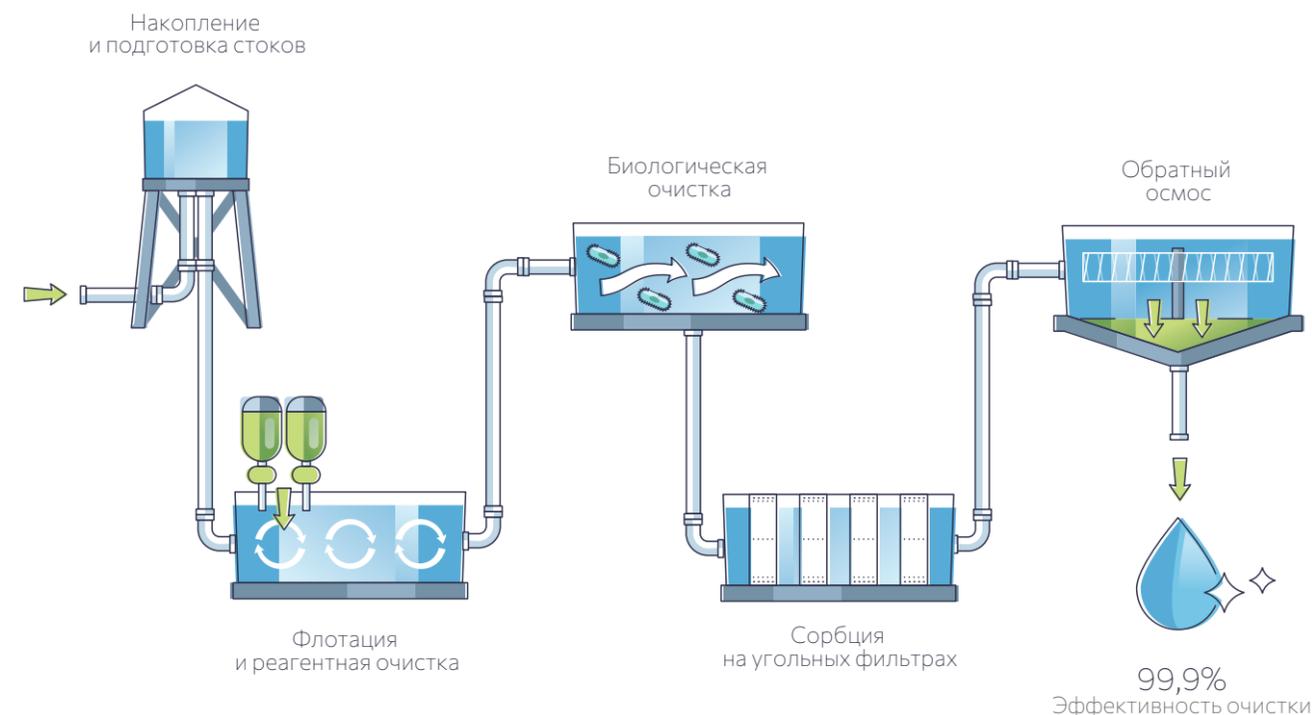


РИС. 4 Схема биологических очистных сооружений «Биосфера»

потоков, при приготовлении реагентов, обессоливания нефти и промывания топлива после защелачивания, в качестве растворителя и для хозяйственных нужд.

Оснащение производства системой водоподготовки замкнутого цикла позволило не только экономить расход жидкости, возвращая в производство до 80% оборотной воды, но и отказаться от системы химводоподготовки, которая использовалась для подготовки сырой воды, поступающей с ТЭЦ, перед ее использованием в технологических процессах.

Создание оборотной системы сточных вод, образующихся в результате технологических процессов, направлена на снижение использования чистой воды и сброса отработанной воды в центральную канализационную систему АО «Мосводоканал».

Для реализации проекта были выбраны биологические очистные сооружения «Биосфера» (БОС), которые представляют собой многоступенчатую автоматизированную систему очистки воды (рис. 4). В ходе очистки вода последовательно проходит несколько блоков: в первом (резервуарном) блоке

производится предварительное смешивание всего объема промышленной воды предприятия, после смешивания вода направляется на механическую очистку, где удаляются примеси и нефтепродукты, затем на физико-химическом этапе вода очищается реагентами и отправляется в специальный био-реактор, где остатки нефтепродуктов поглощают микроорганизмы. На последней стадии вода проходит сначала через угольные фильтры, а затем через 6 секций обратного осмоса, после чего вода возвращается в производство. При этом отфильтрованные нефтепродукты возвращаются в производство на переработку.

Инвестиции в проект составили 9 млрд руб., при этом уровень очистки сточных вод доведен до 99,9%. Применение новых технологий обработки воды позволило значительно сократить потребление реагентов и снизить воздействие на окружающую среду. Использование оборотной воды является существенным вкладом в реализацию экономики замкнутого цикла. В настоящее время МНПЗ ежегодно сбрасывает на городские очистные сооружения 1,5 млн м<sup>3</sup>, что составляет 35% от объемов сброса 2010 г. (4,5 млн м<sup>3</sup>).

Именно это позволяет сделать вывод о возможности параллельного решения задач повышения ресурсной и экологической эффективности производства, внедрения НДТ и перспективных технологий переработки нефти, очистки сточных вод и утилизации нефтесодержащих отходов. Использование Московским НПЗ концепции НДТ

и достижения в области реализации рациональных моделей производства позволяют отнести предприятие в разряд социально-экологически ответственных.

В результате эколого-технологической модернизации удалось значительно повысить глубину переработки нефти и ресурсную эффективность, а также существенно снизить воздействие на окружающую среду.

Проекты технологической модернизации предприятия в 2011–2021 гг. полностью соответствуют требованиям к ESG-инвестициям и «зеленым» проектам в промышленности. Опыт Московского НПЗ получил отражение в ряде информационно-технических справочников по НДТ, в том числе ИТС 30-2021 «Наилучшие доступные технологии переработки нефти» и ИТС 22.1-2021 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. / Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
2. Скобелев Д. О. Промышленная политика повышения ресурсоэффективности и достижение целей устойчивого развития // *Journal of New Economy*. 2020. Т. 21. № 4. С. 153–173.
3. ИТС 30-2021 «Наилучшие доступные технологии переработки нефти».
4. Загидуллин С. Х., Ложкин И. Г., Беляев А. В. Основное технологическое оборудование нефтеперерабатывающих заводов: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь. 2010. 117 с.
5. Петросян В. С., Ерохин Ю. Ю., Гусева Т. В., Богова М. Н., Аверочкин Е. М. Опыт технологической модернизации нефтеперерабатывающего предприятия: внедрение наилучших доступных технологий и повышение экологической эффективности производства // *Экология и промышленность России*. 2022. Т. 26. № 4. С. 14–21.
6. <https://glavportal.com/materials/evro-kompaktnyj-i-energoeffektivnyj-neftepererabatyvayushij-kompleks-novogo-pokoleniya>.
7. ИТС 22.1-2021 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный подход, демонстрируемый АО «Газпромнефть — Московский НПЗ» при решении задач модернизации предприятия, характеризуется рассмотрением вопросов энерго- и ресурсоэффективности производства, вопросов обращения с отходами и воздействия на окружающую среду как полностью взаимосвязанных.