

УДК 665.6/7  
МРНТИ 61.51.01

DOI: [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876)

Получена: 21.05.2025.

Одобрена: 09.06.2025.

Опубликована: 31.12.2025.

## Оригинальное исследование

# Сравнительная характеристика технологий катализитического риформинга в Казахстане

Р.М. Дюсова<sup>1</sup>, Е.А. Жакманова<sup>2</sup>, Г.Ж. Сейтенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Торайғыров Университет, г. Павлодар, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В статье рассматриваются различные технологии риформинга, включая риформинг с неподвижным слоем катализатора и риформинг с циклической регенерацией катализатора (далее – CCR, англ. Continuous Catalyst Regeneration). Риформинг с неподвижным слоем катализатора отличается меньшей, с технологической точки зрения, сложностью и требует меньших затрат на обслуживание и управление, что делает его более экономичным по сравнению с риформингом CCR. Использование неподвижного слоя катализатора способствует увеличению срока службы катализатора, снижая необходимость в его частой регенерации и заменах, что является важным экономическим фактором. В то же время риформинг CCR позволяет улучшить эффективность переработки и повысить качество конечных продуктов, однако требует больших эксплуатационных затрат и более сложного контроля за состоянием катализатора.

**Цель.** Оценка эффективности различных технологий катализитического риформинга – с неподвижным слоем катализатора и с CCR – с позиции их влияния на стабильность технологического процесса, качество продукции, состав сырья и продуктов переработки, а также определение их потенциала для повышения производительности и устойчивости работы нефтеперерабатывающих заводов в условиях развития нефтехимической отрасли Казахстана.

**Материалы и методы.** Сравнительный анализ, газовая хроматография, спектроскопия, компонентный и групповой анализ, определение фракционного состава.

**Результаты.** Исследование состава сырья риформинга с неподвижным слоем катализатора показало стабильность технологических процессов, что способствовало улучшению предсказуемости работы установок риформинга. Изопарафины в сырье обеспечивали повышение качества бензина с высоким октановым числом, а увеличение доли наftenов и ароматических углеводородов в продуктах переработки свидетельствует о более эффективной переработке тяжелых фракций.

**Заключение.** Анализ подтвердил, что процессы риформинга как с неподвижным слоем катализатора, так и с технологией CCR продолжают совершенствоваться, что позволяет достигать высоких показателей качества продукции и поддерживать стабильную работу нефтеперерабатывающего завода, способствуя развитию нефтехимической отрасли Казахстана.

**Ключевые слова:** катализитический риформинг, топливо, катализатор, нефтепереработка, нефтехимия.

## Как цитировать:

Дюсова Р.М., Жакманова Е.А., Сейтенова Г.Ж. Сравнительная характеристика технологий катализитического риформинга в Казахстане // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2025. Том 7, №4. С. 91–100. DOI: [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876).

**UDC 665.6/7  
CSCSTI 61.51.01**

**DOI:** [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876)

Received: 21.05.2025.

Accepted: 09.06.2025.

Published: 31.12.2025.

---

## Original article

# Comparative Analysis of Catalytic Reforming Technologies in Kazakhstan

**Rizagul M. Dyussova<sup>1</sup>, Yekaterina A. Zhakmanova<sup>2</sup>, Gaini Zh. Seitenova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

## ABSTRACT

**Background:** This study compares catalytic reforming technologies, focusing on fixed-bed reforming and continuous catalyst regeneration (CCR) reforming. Fixed-bed systems offer simpler process configurations and lower operational and maintenance requirements, making them a more cost-effective option. Their ability to extend catalyst life by minimizing the frequency of regeneration and replacement represents a notable economic advantage. In contrast, CCR reforming delivers higher processing efficiency and improved product quality but demands greater operating expenditures and more advanced catalyst control systems.

**Aim:** The study evaluates the effectiveness of different catalytic reforming technologies – fixed-bed and CCR – in terms of their impact on process stability, product quality, feedstock and product composition, as well as their potential to enhance the productivity and operational resilience of Kazakhstan's refineries amid the ongoing development of the national petrochemical sector.

**Materials and methods:** Comparative analysis, gas chromatography, spectroscopy, component and group analysis, fractional composition determination.

**Results:** The analysis of feedstock used in fixed-bed catalytic reforming demonstrated stable process performance, which contributed to improved predictability of reforming unit operations. The presence of iso-paraffins in the feedstock enhanced the quality of high-octane gasoline, while the increased content of naphthenes and aromatic hydrocarbons in the reformatte indicated more efficient conversion of heavy fractions.

**Conclusion:** The analysis confirmed that both fixed-bed and CCR reforming technologies continue to evolve, enabling the production of high-quality end products and ensuring stable refinery operations, thereby contributing to the development of Kazakhstan's petrochemical industry.

**Keywords:** catalytic reforming; gasoline; catalyst; oil refining; petrochemistry.

## To cite this article:

Dyussova RM, Zhakmanova YA, Seitenova GZ. Comparative Analysis of Catalytic Reforming Technologies in Kazakhstan. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2025;7(4):91–100. DOI: [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876).

ӘОЖ 665.6/7

ФТАХР 61.51.01

DOI: [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876)

Қабылданғы: 21.05.2025.

Макулданғы: 09.06.2025.

Жарияланды: 31.12.2025.

## Түпнұсқа зерттеу

# Қазақстандағы каталитикалық реформинг технологияларының салыстырмалы сипаттамасы

Р.М. Дюсова<sup>1</sup>, Е.А. Жакманова<sup>2</sup>, Г.Ж. Сейтенова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Торайғыров Университеті, Павлодар қаласы, Қазақстан

<sup>2</sup>П.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қаласы, Қазақстан

## АННОТАЦИЯ

**Негіздеу.** Мақалада катализатордың қозғалмайтын қабаты бар реформингті және катализатордың циклдік регенерациясы бар реформингті (бұдан әрі-CCR, ағылш. Continuous Catalyst Regeneration) қоса алғанда реформингтің әртүрлі технологиялары қарастырылады. Катализатордың қозғалмайтын қабаты бар реформинг, технологиялық тұрғыдан, күрделілігі төмендігімен ерекшеленеді және техникалық қызмет көрсету және басқаруға кететін шығындары аз, бұл оны CCR реформингімен салыстыранда экономикалық жағынан тиімдірек етеді. Катализатордың қозғалмайтын қабатын пайдалану катализатордың қызмет ету мерзімін үзартуға ықпал етеді, оны жиі қалпына келтіру және ауыстыру қажеттілігін азайтады, бұл маңызды экономикалық фактор болып табылады. Сонымен қатар, CCR реформингі қайта өңдеу тиімділігін жақсартуға және соңғы өнімдердің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, дегенмен ол үлкен операциялық шығындарын және катализатордың жағдайын негұрлым күрделі бақылауды талап етеді.

**Мәсіаты.** Катализатордың қозғалмайтын қабатымен және CCR-мен олардың технологиялық процестің тұрақтылығына, әнім сапасына, шикізат пен қайта өңдеу өнімдерінің құрамына әсері тұрғысынан каталитикалық реформингтің әртүрлі технологияларының тиімділігін бағалау, сондай-ақ Қазақстанның мұнай-химия саласын дамыту жағдайында мұнайды қайта өңдеу зауыттары жұмысының өнімділігі мен тұрақтылығын арттыру үшін олардың әлеуетін айқындау.

**Материалдар мен әдістер.** Салыстырмалы талдау, газ хроматографиясы, спектроскопия, компоненттік және топтық талдау, фракциялық құрамды анықтау.

**Нәтижелері.** Катализатордың қозғалмайтын қабаты бар реформинг шикізатының құрамын зерттеу технологиялық процестердің тұрақтылығын көрсетті, бұл реформинг қондырғыларының болжамды жұмысын жақсартуға ықпал етті. Шикізаттағы изо-парафиндер жоғары октанды бензин сапасының жоғарылауын қамтамасыз етті, ал қайта өңдеу өнімдеріндегі нафтандер мен хош істі көмірсүтектердің үлесінің артуы ауыр фракцияларды тиімдірек қайта өңдеуді көрсетеді.

Корытынды. Талдау катализатордың қозғалмайтын қабатымен де, CCR технологиясымен де реформинг процестері жетілдіріле беретінін растиды, бұл әнім сапасының жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізуге және Қазақстанның мұнай-химия саласының дамуына ықпал етеп отырып, мұнайды қайта өңдеу зауыттың тұрақты жұмысын қолдауға мүмкіндік береді.

**Негізгі сөздер:** каталитикалық реформинг, отын, катализатор, мұнайды қайта өңдеу, мұнай химиясы.

## Дәйексөз көлтіру үшін:

Дюсова Р.М., Жакманова Е.А., Сейтенова Г.Ж. Қазақстандағы каталитикалық реформинг технологияларының салыстырмалы сипаттамасы // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2025. 7 том, №4. 91–100 б. DOI: [10.54859/kjogi108876](https://doi.org/10.54859/kjogi108876).

## Введение

Казахстан располагает значительными запасами нефти – более 30 млрд баррелей, что составляет около 1,8% мировых доказанных запасов и обеспечивает стране 12-е место в глобальном рейтинге [1]. По объему добычи нефти Казахстан находится на 17-м месте в мировом рейтинге. В 2022 г. страна добыла 84,1 млн т нефти, что составляет около 1,9% от мировой добычи [2, 3].

Нефтяные ресурсы Казахстана сосредоточены преимущественно на крупнейших месторождениях – Тенгиз, Караганда и Караганда. Эти месторождения обладают значительным потенциалом для долгосрочной добычи нефти, что имеет стратегическое значение для экономики страны [4].

Основную нагрузку по обеспечению внутреннего рынка несут три крупнейших нефтеперерабатывающих завода (далее – НПЗ) страны, деятельность которых оказывает прямое влияние на топливную безопасность и экономическую стабильность Казахстана.

*Атырауский нефтеперерабатывающий завод* (далее – АНПЗ) – один из крупнейших промышленных объектов в Казахстане. Первоначально его мощность составляла 800 тыс. т/г, переработка осуществлялась с использованием бакинского дистиллята и нефти Эмбийских месторождений. В настоящее время после проведённой модернизации мощность завода составляет около 5 млн т/г. нефти. С середины 1999 г. завод начал переработку Тенгизской нефти [5]. По данным за 2024 г., глубина переработки достигла 86,6%, при этом отбор светлых нефтепродуктов составил 68,6% [1].

*Павлодарский нефтехимический завод* (далее – ПНХЗ) – предприятие, специализирующееся на производстве нефтепродуктов. Завод осуществляет переработку нефти по топливному варианту и ориентирован на переработку западносибирской нефти. Комплекс ЛК-БУ<sup>1</sup> предназначен для первичной переработки нефти с мощностью 6 млн т/г. [6].

*Шымкентский нефтеперерабатывающий завод* также имеет комплекс ЛК-БУ мощностью 1 млн т/г. В настоящее время комплекс простаивает из-за незавершённости строительства установки каталитического крекинга. На Шымкентском НПЗ за прошлый год глубина переработки выросла на 2,09% и составила 84,88% [7]. На Шымкентском НПЗ используется установка риформинга в традиционном виде, как на других крупных НПЗ Казахстана. Данный НПЗ был ориентирован на производство дизельного топлива, топлива для авиации и других продуктов нефтехимии, но для повышения качества бензинов и увеличения выхода высокооктановых компонентов в последнее время проводятся работы по модернизации и улучшению технологических процессов.

Для обеспечения качества нефтепродуктов и соответствия мировым экологическим стандартам технология риформинга становится ключевым элементом нефтепереработки.

## Материалы и методы

Был проведен сравнительный анализ технологий, применяемых на АНПЗ и ПНХЗ. Сравнение включало такие параметры, как используемые технологии катализируемого риформинга, производственные мощности, выбор катализаторов, а также эффективность работы установок в различных условиях.

Также в рамках исследования был проведен анализ качества сырья и конечных продуктов, получаемых на установке риформинга ПНХЗ. Для этого использовались химико-аналитические методы, такие как газовая хроматография, спектроскопия и другие методы для определения состава сырья, а также продуктов, полученных в ходе риформинга. Был определён групповой и компонентный состав нефти. Образцы нефти были предоставлены ПНХЗ на основе внутренних производственных данных, что обеспечило репрезентативность и соответствие исследуемых образцов реальному сырью, поступающему на переработку.

Метод определения фракционного состава был реализован с использованием газового хроматографа ХроматЭК-5000<sup>2</sup> (Россия). Процесс определения фракционного состава был выполнен по методикам, указанным в работах [8, 9].

Проводился компонентный анализ каждого из образцов нефти с целью определения группового состава сырья. Этот анализ имеет ключевое значение для дальнейшего прогноза переработки нефти, поскольку позволяет не только понять, какие углеводороды (далее – УВ) присутствуют в нефти, но и как они могут быть использованы в данном процессе переработки.

Проведение химического анализа позволило оценить эффективность процессов риформинга и его влияние на выход светлых нефтепродуктов, таких как бензин и ароматические УВ. Результаты анализа также помогли выявить влияние сырья на конечные характеристики продуктов, а также определить оптимальные параметры для максимизации выходов качественной продукции.

## Литературный обзор

Каталитический риформинг – это процесс, при котором простые углеводородные молекулы (алканы) преобразуются в более сложные и разветвленные формы с помощью катализаторов. В результате этого процесса тяжёлые компоненты бензина (нафта) превращаются в более лёгкие, что позволяет получить высокооктановый бензин [9].

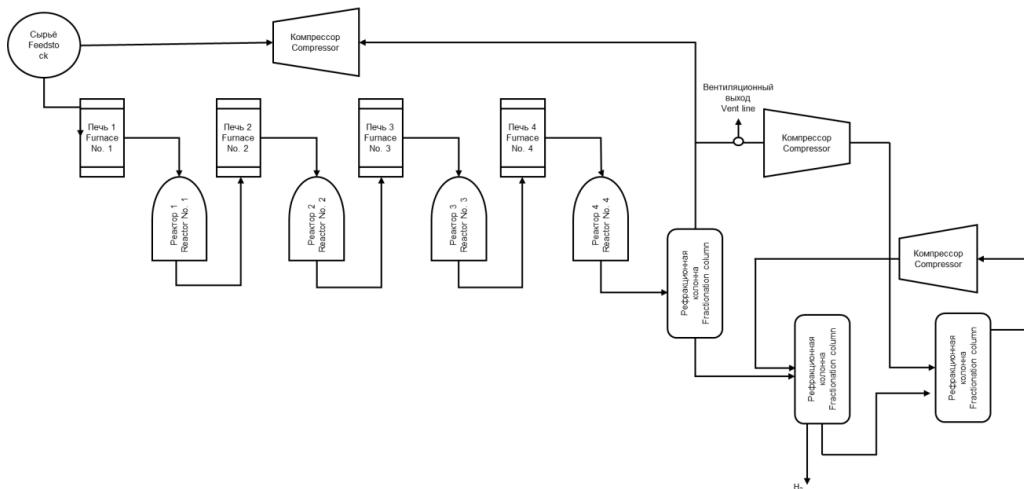
Риформинг представляет собой ключевой метод получения ароматических УВ, таких

<sup>1</sup> Технологическая установка для первичной переработки нефти. [https://www.pnhz.kz/production/technical\\_description/lk\\_6u/](https://www.pnhz.kz/production/technical_description/lk_6u/)

<sup>2</sup> Газовый хроматограф с модульной конструкцией. <https://www.chromatec.ru/products/gc/>

как бензол, толуол и ксиол, которые имеют большое значение в нефтехимической промышленности. Эти УВ используются в качестве сырья для производства пластмасс, синтетических волокон, растворителей, медикаментов и других химических веществ [10].

На АНПЗ используется технология риформинга CCR (анел. Continuous Catalyst Regeneration – циклическая регенерация катализатора), которая представляет собой процесс катализируемого риформинга с непрерывной регенерацией катализатора (рис. 1) [11, 12].



**Рисунок 1. Упрощённая схема риформинга CCR**  
**Figure 1. Simplified Process Flow Diagram of CCR Reforming**

Особенность данной установки заключается в том, что сырьё рафининга обрабатывается термокаталитическим воздействием при очень низком давлении в четырёх адиабатических реакторах, что позволяет достичь высокой степени ароматизации. Восстановление активности платино-оловянного катализатора марки CR-601 осуществляется через непрерывное выжигание кокса в зоне регенерации и процесс оксихлорирования для равномерного распределения платины на поверхности. Это улучшает экономическую эффективность, поскольку увеличивает интервал между ремонтами и поддерживает стабильное производство указанных нефтепродуктов.

В отличие от традиционных стационарных реформинговых реакторов, эта технологическая схема позволяет получать высокооктановые компоненты бензина (с октановым числом более 100) и ароматические УВ (бензол, толуол, ксилылы) из более широкого спектра бензиновых фракций. Это расширяет возможности для загрузки сырья и, как следствие, увеличивает производство высокооктановых компонентов для топлива. Производительность установки составляет 1 млн т/г. сырья. В качестве сырья для установки CCR используется гидроочищенная нафта с установок гидроочистки бензина, блока гидроочистки и – в будущем – комплекса глубокой переработки нефти.

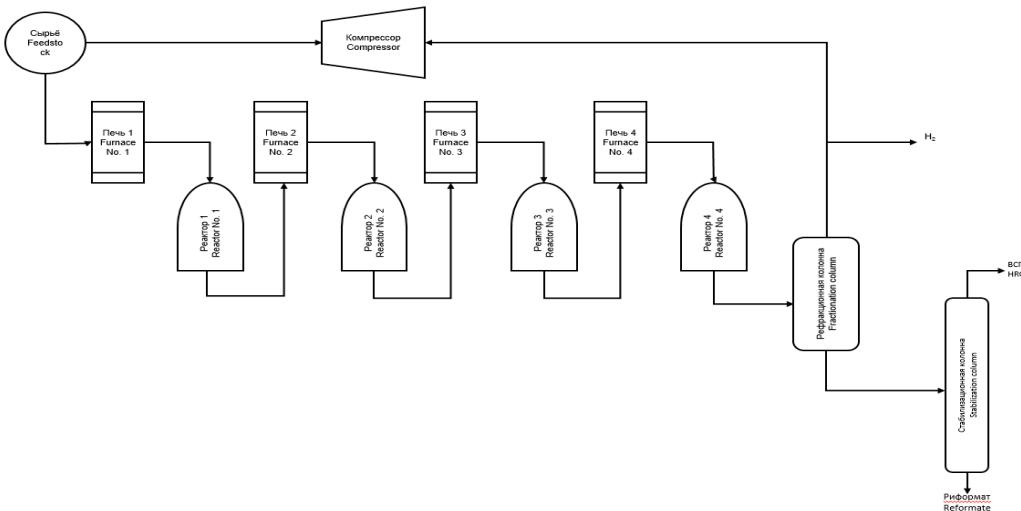
Дополнительным преимуществом является получение водородсодержащего газа (далее – ВСГ) с высокой концентрацией благодаря дополнительной абсорбции в жидкой фазе в ёмкости

реконкакта при высоком давлении, что позволяет удовлетворить внутренние потребности установок и поддерживать необходимое давление топливного газа в сети завода.

На ПНХЗ используется технология рифформинга с неподвижным слоем катализатора, упрощённая схема которой представлена на рис. 2. Этот метод является одним из самых распространённых для переработки УВ с целью получения высокооктановых компонентов бензина и других нефтехимических продуктов [13, 14].

Подготовленное сырьё и циркулирующий водород нагреваются до температуры 498–524°C и поступают в первый реактор, где, главным образом, происходит дегидрирование нафтенов в ароматические УВ. Этот процесс сопровождается поглощением значительного количества тепла, что приводит к заметному снижению температуры. Чтобы поддерживать необходимую скорость реакций, газовый поток из первого реактора перед подачей во второй подогревают. По мере движения потока в выходной реактор скорость реакций уменьшается, а размеры реакторов увеличиваются, что снижает потребность в дополнительном тепле для подогрева. Обычно для достижения требуемой глубины реакции достаточно трёх-четырёх реакторов и такого же количества печей, которые необходимы для нагрева реакционной смеси до нужной температуры.

Поток из последнего реактора охлаждается для конденсации жидких продуктов. В испарительной камере из жидкой фазы отделяются газы, обогащённые водородом. Жидкость



**Рисунок 2. Упрощённая схема риформинга с неподвижным слоем катализатора**  
**Figure 2. Simplified Process Flow Diagram of Fixed-Bed Catalytic Reforming**

**Таблица 1. Особенности технологий каталитического риформинга**  
**Table 1. Features of Catalytic Reforming Technologies**

НПЗ Refinery	Особенности процесса / Process Features				Преимущества Advantages	Недостатки Disadvantages
	давление, МПа Pressure, MPa	температура, °C Temperature, °C	ОЧИ RON	кatalитическая система Catalyst System		
ПНХЗ PPCP	высокое high 1,4–2	высокая high 480–510	85–100	неподвижный слой катализатора fixed-bed catalyst	Снижение механического износа катализатора. Более простая технологическая схема. 1. Reduced mechanical wear of the catalyst. 2. Simpler process configuration.	Для регенерации катализатора требуется остановка установки. Интервал между регенерациями варьируется от 6 мес. до двух лет. 1. Catalyst regeneration requires unit shutdown. 2. Regeneration intervals range from 6 months to 2 years.
АНПЗ AOR	низкое low 0,35	высокая high 515–528	95–108	движущийся слой катализатора moving-bed catalyst	Регенерация катализатора не требует остановки установки. Обеспечивает непрерывное производство водорода с высоким выходом. Обладает высокой активностью катализатора. 1. Catalyst regeneration without unit shutdown. 2. Enables continuous hydrogen production with high yield. 3. High catalyst activity.	Высокие эксплуатационные расходы. 1. High operating costs.

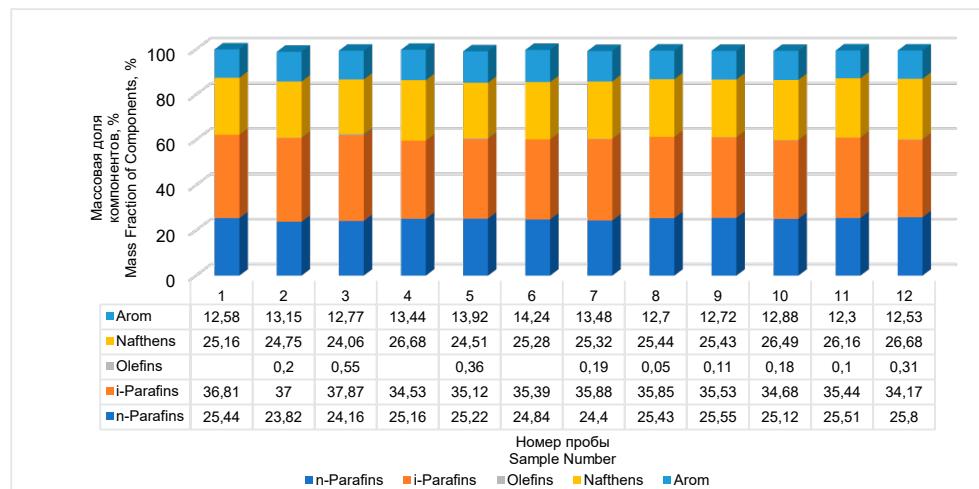
ОЧИ / RON – октановое число по исследовательскому методу / Research Octane Number

PPCP – Pavlodar Petrochemical Plant

AOR – Atyrau Oil Refinery

из сепаратора направляется для дебутанизации в ректификационную колонну. Газ, насыщенный водородом, разделяется на циркуляционный и избыточный. Избыточный газ подаётся на установки гидроочистки или гидрокрекинга либо используется в качестве топлива.

Для лучшего понимания различий в применяемых технологиях риформинга их преимущества и недостатки представлены в сравнительной таблице 1.



**Рисунок 3. Групповой состав сырья катализического риформинга ПНХЗ**  
**Figure 3. Group Composition of Catalytic Reforming Feedstock at PPCP (Pavlodar Petrochemical Plant)**

### Результаты и обсуждение

Для проведения исследования группового состава были взяты пробы сырья и конечного продукта риформинга, при этом учитывались средние значения каждого месяца в течение года. Данные группового состава сырья представлены на рис. 3.

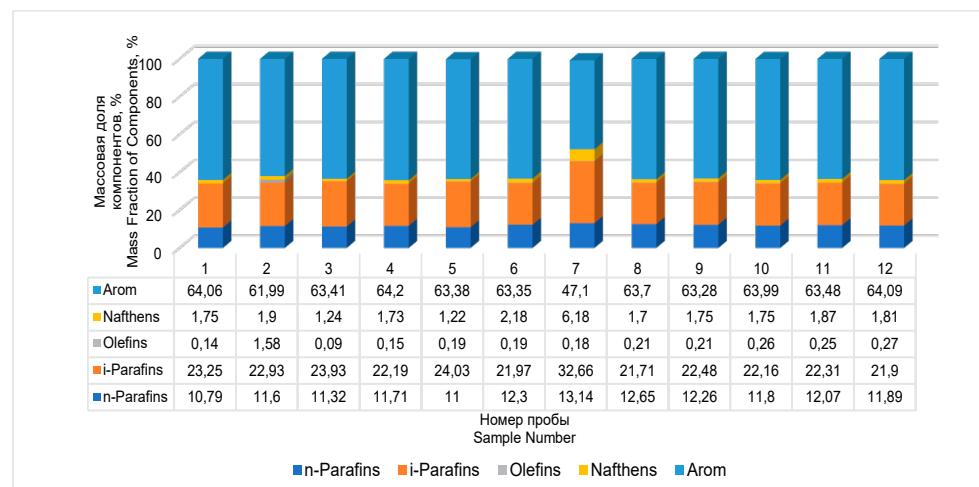
Групповой состав сырья за 2023 г. также демонстрирует значительную однородность. Уровень н-парафинов варьируется от 23,82%масс. до 25,51%масс. Изопарафины составляют основную долю и колеблются от 34,17%масс. до 37,87%масс. Олефины находятся в дефиците, их содержание изменяется от 0%масс. до 0,55%масс. Нафтены также имеют однородные значения – от 24,06%масс. до 26,68%масс.

Ароматические соединения колеблются в пределах от 12,3%масс. до 14,24%масс.

Общая однородность группового состава сырья свидетельствует о стабильности его качества, что положительно сказывается на технологических процессах и улучшает управление производственными параметрами.

Значительное содержание изопарафинов (34,17–37,87%масс.) указывает на их важность в процессе переработки, что может способствовать повышению качества конечной продукции.

Продолжающийся дефицит олефинов (от 0% до 0,55%) остается проблемой, требующей внимания. Возможно, потребуется оптимизация процессов или поиск альтернативных источников олефинов для повышения их доступности.



**Рисунок 4. Групповой состав реформата ПНХЗ**  
**Figure 4. Group Composition of Reformate from PPCP (Pavlodar Petrochemical Plant)**

Нафтены сохраняют однородные значения (от 24,06% до 26,68%), что может свидетельствовать о стабильной части сырьевой базы, однако их относительно невысокое содержание может ограничивать некоторые технологические возможности.

Увеличение доли ароматических соединений (от 12,3% до 14,24%) может говорить о смещении фокуса на более тяжёлые фракции, что потенциально увеличивает сложность переработки, но также может способствовать созданию более ценного продукта.

В целом результаты анализа показывают, что сырьевой состав остаётся достаточно сбалансированным. Данные группового состава риформата представлены на рис. 4.

Анализ группового состава риформата показал значительное отклонение в пробе №7, что, вероятно, связано с проведением планового капитального ремонта на ПНХЗ в июле 2023 г. Временная нестабильность технологического режима в период пусконаладочных работ после ремонта объясняет зафиксированные изменения в составе риформата. Данную пробу целесообразно исключить из обобщённого анализа, чтобы избежать искажения результатов.

Данные о групповом составе сырья после нефтепереработки изменились следующим образом: содержание н-парафинов колеблется от 10,79%масс. до 12,65%масс. Значение изопарафинов варьируется от 21,71%масс. до 23,93%масс. Содержание олефинов увеличилось и теперь составляет от 0,09%масс. до 1,58%масс. Нафтены изменяются от 1,22%масс. до 2,18%масс. Доля ароматических УВ значительно возросла, колеблясь от 61,9%масс. до 64,2%масс.

Уменьшение содержания н-парафинов может свидетельствовать о том, что процесс переработки привёл к их частичному превращению в другие более сложные соединения, что может быть желательным для получения специфических продуктов.

Рост доли изопарафинов указывает на успешную переработку, направленную на улучшение характеристик топлива. Это может повысить октановое число и улучшить качество конечной продукции.

Увеличение олефинов, хотя и остающееся на низком уровне (от 0,09% до 1,58%), может означать улучшение условий переработки, что позволяет получать больше ненасыщенных УВ, необходимых для некоторых процессов, таких как полимеризация.

Увеличение доли нафтенов (от 1,22% до 2,18%) может свидетельствовать о более эффективной переработке тяжёлых фракций, что может положительно сказаться на качестве продуктов.

Значительное увеличение доли ароматических УВ (от 61,9% до 64,2%) может свидетельствовать о том, что переработка сосредоточена на получении более высококачественных и цен-

ных продуктов, таких как бензин или химические сырьевые материалы.

### Заключение

Риформинг с неподвижным слоем катализатора является менее сложным с технологической точки зрения и требует меньших затрат на обслуживание и управление. Это делает процесс более экономичным по сравнению с другими методами, такими как риформинг с движущимися слоями катализатора.

В технологии с неподвижным слоем катализатора катализатор не подвергается механическому износу, что способствует увеличению его срока службы. Это снижает частоту его регенерации и расходы на замену катализатора, что является важным экономическим фактором.

В 2023 г. групповой состав сырья для переработки демонстрировал значительную однородность, что положительно влияло на стабильность технологических процессов. Содержание н-парафинов, изопарафинов, нафтенов и ароматических соединений оставалось в пределах относительно узких диапазонов, что способствовало предсказуемости работы установок риформинга и улучшало управление производственными параметрами.

Изопарафины составляли основную долю сырья, что способствовало улучшению качества конечной продукции, таких как бензин с высоким октановым числом. Это также подтверждает важность изопарафинов для повышения эффективности процесса переработки и улучшения характеристики получаемых топлив.

Нафтены демонстрируют стабильность в сырье, но их относительно низкое содержание в сырье и его увеличение в продукте переработки (от 1,22% до 2,18%) может свидетельствовать о более эффективной переработке тяжёлых фракций. Это улучшает качество продуктов и может позволить более эффективно использовать тяжёлые нефти.

Существенное увеличение доли ароматических УВ (с 12,3% до 14,24% в сырье и с 61,9% до 64,2% в продукте переработки) указывает на смещение фокуса переработки на более тяжёлые фракции и может свидетельствовать о желании повысить ценность конечной продукции. Это также может быть связано с улучшением качества бензина или других продуктов химической промышленности, таких как сырьё для химического синтеза.

Результаты анализа группового состава сырья и продуктов риформинга подтверждают, что состав сырья остаётся стабильным и соответствует требованиям процесса риформинга, а процессы переработки на ПНХЗ продолжают совершенствоваться. Это позволяет достигать высоких показателей качества продуктов и обеспечивать стабильную работу установок риформинга, что в перспективе способствует дальнейшему развитию нефтехимической отрасли страны.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Данное исследование финансируется в рамках проекта «Жас галым» АР19175752 «Научно-техническое обеспечение энергосбережения и ресурсоэффективности технологии приготовления высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов».

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Дюсова Р.М. – анализ полученных данных; написание текста; Жакманова Е.А. – сбор и обработка данных; Сейтенова Г.Ж. – концепция исследования.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This research is funded under the project "Zhas Galym" AP19175752 "Scientific and technical support for energy saving and resource efficiency of the technology for the preparation of high-octane gasoline and aromatic hydrocarbons".

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Rizagul Dyussova – data analysis; text writing; Yekaterina Zhakmanova – data collection and processing; Gaini Seitenova – research concept development.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. kmg.kz [интернет]. АО НК «КазМунайГаз». Годовой отчет за 2024 год [дата обращения 13.02.2025]. Доступ по ссылке: [www.kmg.kz/upload/iblock/639/l2ec2zeraseaf35fn42mqd4f4c009blg/KazMunayGas\\_AR2024\\_RUS\\_0405.pdf](http://www.kmg.kz/upload/iblock/639/l2ec2zeraseaf35fn42mqd4f4c009blg/KazMunayGas_AR2024_RUS_0405.pdf).
2. Егоров О.И. Партнерство Казахстана с мировыми компаниями в нефтегазовом секторе // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Казахстанско-китайское сотрудничество в нефтегазовой сфере». Алматы : НИИМиРС DKU, 2021. С. 87–99.
3. qazindustry.gov.kz [интернет]. Казахстанский центр индустрии и экспорта. Национальный доклад о состоянии промышленности Республики Казахстан, 2023 [дата обращения 13.02.2025]. Доступ по ссылке: [qazindustry.gov.kz/images/docs/regdoc\\_ru-1736889600.pdf](http://qazindustry.gov.kz/images/docs/regdoc_ru-1736889600.pdf).
4. Нязбекова Ш.У., Назаренко О.В. Современное состояние и перспективы развития нефтегазового сектора Республики Казахстан // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2018. Т. 4, №27. С. 7–14. doi: [10.21777/2587-554X-2018-4-7-14](https://doi.org/10.21777/2587-554X-2018-4-7-14).
5. Инновационные подходы в развитии нефтегазовой промышленности в Атырауской области: сборник научных трудов Третьего международного семинара-совещания / под ред. Т.П. Серикова, С.М. Ахметова. Атырау : Изд-во АИНГ, 2005. 504 с.
6. pnhz.kz [интернет]. Павлодарский нефтехимический завод [дата обращения 13.02.2025]. Доступ по ссылке: [www.pnhz.kz/](http://www.pnhz.kz/).
7. Жуман Ж., Ду Б., Хамзаева А. Текущее состояние нефтегазовой отрасли Казахстана // Вестник НАН РК. 2024. Т. 408, № 2. С. 470–485. doi: [10.32014/2024.2518-1467.735](https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.735).
8. Sparkman O.D., Penton Z.E., Kitson F.G. Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide, 2nd Edition. Elsevier, 2011. 611 р.
9. Mokheimer E.M.A., Shakeel M.R., Harale A., et al. Fuel reforming processes for hydrogen production // Fuel. 2024. Vol. 359. doi: [10.1016/j.fuel.2023.130427](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130427).
10. Gupta A., Gupta S.K. Catalyst regeneration techniques in naphtha reforming: Short review // Chemical and Process Engineering. 2022. Vol. 43, N 2. P. 101–108. doi: [10.24425/cpe.2022.140813](https://doi.org/10.24425/cpe.2022.140813).
11. Atarianshandiz M., McAuley K.B., Shahsavand A. Modeling and Parameter Tuning for Continuous Catalytic Reforming of Naphtha in an Industrial Reactor System // Processes. 2023. Vol. 11, N 10. doi: [10.3390/pr11102838](https://doi.org/10.3390/pr11102838).
12. Dong X.J., Shen J.N., Ma Z.F., He Y.J. Robust optimal operation of continuous catalytic reforming process under feedstock uncertainty // International Journal of Hydrogen Energy. 2022. Vol. 47, N 84. P. 35641–35654. doi: [10.1016/j.ijhydene.2022.08.161](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.161).
13. Boukezoula T.F., Bencheikh L., Belkhiat D.E.C. A heterogeneous mathematical model for a spherical fixed bed axial flow reactor applied to a naphtha reforming process: enhancing performance challenge using a non-uniform catalyst distribution in the pellet // Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. 2022. Vol. 135, N 5. P. 2323–2340. doi: [10.1007/s11144-022-02257-z](https://doi.org/10.1007/s11144-022-02257-z).
14. Chen J. Hydrogen production in fixed-bed reactors with combined reformer-burner modules by steam-ethanol reforming at different temperatures // Authorea. 2023. doi: [10.22541/au.167569381.13621304/v1](https://doi.org/10.22541/au.167569381.13621304/v1).

## REFERENCES

1. kmg.kz [Internet]. KazMunayGas. Annual report 2024 [cited 2025 Feb 13]. Available from: [www.kmg.kz/upload/iblock/639/l2ec2zeraseaf35fn42mqd4f4c009blg/KazMunayGas\\_AR2024\\_RUS\\_0405.pdf](http://www.kmg.kz/upload/iblock/639/l2ec2zeraseaf35fn42mqd4f4c009blg/KazMunayGas_AR2024_RUS_0405.pdf).
2. Yegorov OI. Partnerstvo Kazahstana s mirovymi kompaniyami v neftegazovom sektore. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Kazahstanskokitayskoe sotrudnistvo v neftegazovoy sfere». Almaty: NIIMiRS DKU; 2021. P. 87–99. (In Russ).

3. qazindustry.gov.kz [Internet]. QazIndustry. Natsional'nyy doklad o sostoyanii promyshlennosti Respubliki Kazakhstan [cited 2025 Feb 13]. Available from: qazindustry.gov.kz/images/docs//regdoc\_ru--1736889600.pdf. (In Russ).
4. Niyazbekova SU, Nazarenko OV. Modern condition and prospects of the republic of Kazakhstan Oil and Gas Sector Development. *Economics and Management*. 2018;4(27):7–14. doi: [10.21777/2587-554X-2018-4-7-14](https://doi.org/10.21777/2587-554X-2018-4-7-14).
5. Serikova TP, Akhmetova SM, editors. Innovatsionnye podkhody v razvitiu neftegazovoy promyshlennosti v Atyrauskoy oblasti: sbornik nauchnykh trudov Tret'ego mezhdunarodnogo seminar-soveshchaniya. Atyrau: Atyrau University of Oil and Gas; 2005, 504 p. (In Russ).
6. pnhz.kz [Internet]. Pavlodar Oil Chemistry Refinery [cited 2025 Feb 13]. Available from: [www.pnhz.kz/](http://www.pnhz.kz/).
7. Juman J, Du B, Khamzayeva AV. Current state of the oil and gas industry in Kazakhstan. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2024;408(2):470–485. doi: [10.32014/2024.2518-1467.735](https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.735). (In Russ).
8. Sparkman OD, Penton ZE, Kitson FG. *Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide*, 2nd Edition. Elsevier; 2011. 611 p.
9. Mokheimer EMA, Shakeel MR, Harale A, et al. Fuel reforming processes for hydrogen production. *Fuel*. 2024;359:130427. doi: [10.1016/j.fuel.2023.130427](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130427).
10. Gupta A, Gupta SK. Catalyst regeneration techniques in naphtha reforming: Short review. *Chemical and Process Engineering*. 2022;43(2):101–108. doi: [10.24425/cpe.2022.140813](https://doi.org/10.24425/cpe.2022.140813).
11. Atarianshandiz M, McAuley KB, Shahsavand A. Modeling and Parameter Tuning for Continuous Catalytic Reforming of Naphtha in an Industrial Reactor System. *Processes*. 2023;11(10):2838. doi: [10.3390/pr11102838](https://doi.org/10.3390/pr11102838).
12. Dong XJ, Shen JN, Ma ZF, He YJ. Robust optimal operation of continuous catalytic reforming process under feedstock uncertainty. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2022;47(84):35641–35654. doi: [10.1016/j.ijhydene.2022.08.161](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.08.161).
13. Boukezoula TF, Bencheikh L, Belkhiat DEC. A heterogeneous mathematical model for a spherical fixed bed axial flow reactor applied to a naphtha reforming process: enhancing performance challenge using a non-uniform catalyst distribution in the pellet. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. 2022;135(5):2323–2340. doi: [10.1007/s11144-022-02257-z](https://doi.org/10.1007/s11144-022-02257-z).
14. Chen J. Hydrogen production in fixed-bed reactors with combined reformer-burner modules by steam-ethanol reforming at different temperatures. *Authorea*. 2023. doi: [10.22541/au.167569381.13621304/v1](https://doi.org/10.22541/au.167569381.13621304/v1).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

\*Дюсова Ризагуль Муслимовна

канд. техн. наук

ORCID 0000-0003-3083-5255

e-mail: [rizagul.dyussova@gmail.com](mailto:rizagul.dyussova@gmail.com).

Жакманова Екатерина Андреевна

ORCID 0000-0003-0545-5912

e-mail: [ekaterina.zakmanova1998@gmail.com](mailto:ekaterina.zakmanova1998@gmail.com).

Сейтенова Гайни Жумагалиевна

канд. хим. наук

ORCID 0000-0001-6202-3951

e-mail: [gainiseitenova@gmail.com](mailto:gainiseitenova@gmail.com).

## AUTHORS' INFO

\*Rizagul M. Dyussova

Cand. Sc. (Engineering)

ORCID 0000-0003-3083-5255

e-mail: [rizagul.dyussova@gmail.com](mailto:rizagul.dyussova@gmail.com).

Yekaterina A. Zhakmanova

ORCID 0000-0003-0545-5912

e-mail: [ekaterina.zakmanova1998@gmail.com](mailto:ekaterina.zakmanova1998@gmail.com).

Gaini Zh. Seitenova

Cand. Sc. (Chemistry)

ORCID 0000-0001-6202-3951

e-mail: [gainiseitenova@gmail.com](mailto:gainiseitenova@gmail.com).

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding Author