

УДК 665.6:543.544

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НЕФТЕПРОДУКТОВ  
ТУРКМЕНИСТАНА МЕТОДОМ ХРОМАТОГРАФИИ**

**Нурлиев Б.А.**

*Соискатель учёной степени кандидата химических наук Международного научно-технологического парка*

*Туркменистан, г. Ашхабад*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования компонентного состава нефтепродуктов Туркменистана методом газовой хроматографии. Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования лабораторного контроля качества моторных топлив и оценки их соответствия современным требованиям экологической и эксплуатационной безопасности. Цель исследования заключалась в определении группового углеводородного состава бензиновых, дизельных и керосиновых фракций, а также в оценке взаимосвязи между компонентным составом и основными физико-химическими характеристиками нефтепродуктов. Объектами исследования являлись образцы моторного бензина, дизельного топлива и керосиновой фракции, полученные на нефтеперерабатывающих предприятиях Туркменистана. Анализ проводился методом капиллярной газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором. Количественная обработка результатов осуществлялась методом внутреннего стандарта. Для оценки достоверности различий использовался критерий Фишера, а для выявления взаимосвязи между составом и физико-химическими показателями применялся корреляционный анализ Спирмена. Статистически значимыми считались различия при  $p \leq 0,01$ . Установлено, что во всех исследованных образцах преобладали парафиновые и изопарафиновые углеводороды. В бензиновых фракциях содержание парафиновых углеводородов составило

42,6±1,8%, в дизельном топливе - 51,8±2,1%, в керосиновой фракции - 47,3±1,7%. Содержание серосодержащих соединений в дизельном топливе находилось в диапазоне 8–12 ppm. Полученные данные подтверждают информативность газовой хроматографии для контроля качества нефтепродуктов и могут быть использованы при оптимизации процессов нефтепереработки.

**Ключевые слова:** газовая хроматография, нефтепродукты, компонентный состав, углеводороды, качество топлива, Туркменистан.

### ***DETERMINING THE COMPOSITION OF TURKMENISTAN'S OIL PRODUCTS BY CHROMATOGRAPHY***

***Nurliev Y.A.***

*Candidate of Chemical Sciences,*

*International Science and Technology Park*

*Ashgabat, Turkmenistan*

**Abstract.** The article presents the results of determining the component composition of petroleum products from Turkmenistan using gas chromatography. The relevance of the study is associated with the need to improve laboratory quality control of motor fuels and assess their compliance with modern environmental and operational safety requirements. The aim of the study was to determine the group hydrocarbon composition of gasoline, diesel fuel and kerosene fractions and to assess the relationship between component composition and physicochemical properties of petroleum products. The objects of the study were samples of motor gasoline, diesel fuel and kerosene fraction obtained from oil refining enterprises of Turkmenistan. The analysis was performed using capillary gas chromatography with a flame ionization detector. Quantitative processing of the results was carried out using the internal standard method. Fisher's test was used to assess the reliability of

differences, and Spearman correlation analysis was applied to identify relationships between composition and physicochemical parameters. Differences were considered statistically significant at  $p \leq 0.01$ . It was found that paraffinic and isoparaffinic hydrocarbons predominated in all studied samples. The content of paraffinic hydrocarbons was  $42.6 \pm 1.8\%$  in gasoline fractions,  $51.8 \pm 2.1\%$  in diesel fuel and  $47.3 \pm 1.7\%$  in the kerosene fraction. The concentration of sulfur-containing compounds in diesel fuel ranged from 8 to 12 ppm. The obtained data confirm the informative value of gas chromatography for petroleum product quality control and may be used to optimize oil refining processes.

**Key words:** gas chromatography, petroleum products, component composition, hydrocarbons, fuel quality, Turkmenistan.

Контроль компонентного состава нефтепродуктов является одним из ключевых направлений современной аналитической химии и нефтепереработки. Содержание парафиновых, изопарафиновых, нафтеновых, ароматических, олефиновых и серосодержащих соединений определяет эксплуатационные свойства топлива, его экологические характеристики, стабильность при хранении, показатели воспламеняемости, детонационную стойкость и соответствие нормативным требованиям. Для нефтеперерабатывающей отрасли Туркменистана данная проблема имеет особое значение, поскольку повышение качества моторных топлив связано не только с технологической эффективностью переработки углеводородного сырья, но и с необходимостью соответствия международным требованиям к экологической безопасности нефтепродуктов [1].

Газовая хроматография относится к наиболее информативным методам анализа сложных углеводородных смесей. Она позволяет проводить разделение, идентификацию и количественную оценку индивидуальных и групповых компонентов нефтепродуктов, включая бензол, толуол, ксилолы,

нормальные и изомерные алканы, нафтеновые соединения и серосодержащие компоненты. Современные хроматографические системы, оснащённые высокочувствительными детекторами и программным обеспечением для автоматизированной обработки данных, дают возможность получать воспроизводимые результаты при анализе сложных многокомпонентных систем [2].

В научной литературе последних лет подчёркивается необходимость развития инструментальных методов определения группового углеводородного состава нефти и продуктов её переработки [3]. Особое внимание уделяется сопоставимости результатов хроматографического анализа, применению капиллярной газовой хроматографии, сочетанию газохроматографических и жидкостно-хроматографических методов, а также актуализации нормативной базы в области испытаний нефти и нефтепродуктов [4]. Несмотря на наличие значительного количества работ по анализу нефтепродуктов, вопросы компонентного состава топливных фракций, полученных на предприятиях Туркменистана, требуют дальнейшего экспериментального уточнения [5].

**Цель исследования** - определить компонентный состав нефтепродуктов Туркменистана методом газовой хроматографии и оценить связь между групповым углеводородным составом и основными физико-химическими показателями качества топлива.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи исследования**: провести отбор и подготовку образцов моторного бензина, дизельного топлива и керосиновой фракции [6]; выполнить газохроматографический анализ исследуемых нефтепродуктов; определить содержание основных групп углеводородов; оценить физико-химические показатели образцов; провести статистическую обработку полученных данных [7]; установить наличие взаимосвязи между компонентным составом и эксплуатационными характеристиками нефтепродуктов.

**Объект исследования** - образцы моторного бензина, дизельного топлива и керосиновой фракции, полученные на нефтеперерабатывающих предприятиях Туркменистана.

**Предмет исследования** - групповой углеводородный состав нефтепродуктов и его связь с физико-химическими характеристиками топлива.

### **Материалы и методы исследования**

Исследование проводилось на образцах нефтепродуктов, произведённых на нефтеперерабатывающих предприятиях Туркменистана. В качестве исследуемого материала использовались образцы моторного бензина, дизельного топлива и керосиновой фракции. Отбор проб осуществлялся из товарных партий нефтепродуктов, полученных на Туркменбашинском комплексе нефтеперерабатывающих заводов и Сейдинском нефтеперерабатывающем заводе. В исследование были включены 18 образцов: 6 образцов моторного бензина, 6 образцов дизельного топлива и 6 образцов керосиновой фракции. Каждое измерение выполнялось в трёх параллельных повторностях.

Отбор, транспортировка и хранение проб проводились с соблюдением требований, предъявляемых к анализу нефтепродуктов. Образцы помещались в герметичные стеклянные ёмкости, исключающие испарение лёгких фракций и загрязнение посторонними примесями. До проведения анализа пробы хранились при контролируемой температуре в условиях, исключающих воздействие прямого солнечного света и интенсивного окисления.

Перед хроматографическим анализом проводилась предварительная подготовка образцов. Она включала фильтрацию для удаления механических примесей, дегазацию и, при необходимости, разбавление высокочистыми растворителями. Для идентификации компонентов использовались стандартные образцы углеводородов: нормальные алканы, изоалканы, ароматические

углеводороды, нафтеновые соединения и олефиновые компоненты. Идентификация веществ осуществлялась путём сопоставления времён удерживания компонентов исследуемых проб с временами удерживания стандартных соединений [8].

Газохроматографический анализ выполнялся на капиллярном газовом хроматографе, оснащённом пламенно-ионизационным детектором и автоматизированной системой регистрации и обработки данных. В качестве газа-носителя использовался высокочистый гелий. Разделение компонентов осуществлялось на капиллярной колонке с неполярной стационарной фазой. Температурная программа подбиралась с учётом типа анализируемого нефтепродукта: для бензиновых фракций применялся режим с постепенным повышением температуры от низкотемпературной зоны к среднетемпературной, для дизельных и керосиновых фракций использовалась расширенная температурная программа, обеспечивающая элюирование более высококипящих компонентов [9].

Количественный анализ проводился методом внутреннего стандарта. В качестве аналитических показателей определялись массовые доли основных групп углеводородов: парафиновых, изопарафиновых, ароматических, нафтеновых, олефиновых и серосодержащих соединений [10]. Дополнительно определялись содержание бензола, толуола, ксилолов, суммарное содержание ароматических соединений, содержание серы, плотность, октановое число для бензиновых фракций, цетановое число и температура вспышки для дизельного топлива [11].

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием методов вариационной статистики. Для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации. Для оценки достоверности различий между группами применялся критерий Фишера [12]. Для анализа связи между компонентным составом и

физико-химическими характеристиками нефтепродуктов использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена [13]. Различия считались статистически значимыми при  $p \leq 0,01$ .

### Результаты исследования

Газохроматографический анализ показал, что исследованные нефтепродукты имеют сложный многокомпонентный состав, включающий парафиновые, изопарафиновые, ароматические, нафтеновые, олефиновые и серосодержащие соединения. Наиболее выраженное содержание парафиновых углеводородов было выявлено в дизельном топливе, где их доля составила  $51,8 \pm 2,1\%$ . В бензиновых фракциях преобладали парафиновые и изопарафиновые углеводороды, что связано с их влиянием на детонационную стойкость топлива. В керосиновой фракции преобладающими являлись парафиновые и нафтеновые соединения.

**Таблица 1.**

### Групповой углеводородный состав исследованных нефтепродуктов, %

Группа соединений	Моторный бензин	Дизельное топливо	Керосиновая фракция
Парафиновые углеводороды	$42,6 \pm 1,8$	$51,8 \pm 2,1$	$47,3 \pm 1,7$
Изопарафиновые углеводороды	$24,3 \pm 1,2$	$17,5 \pm 1,0$	$14,8 \pm 0,9$
Ароматические углеводороды	$18,7 \pm 0,9$	$11,6 \pm 0,5$	$13,9 \pm 0,7$
Нафтеновые углеводороды	$9,5 \pm 0,6$	$16,2 \pm 0,8$	$21,4 \pm 1,1$
Олефиновые углеводороды	$4,9 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,2$
Серосодержащие соединения, ppm	$\leq 10$	8–12	$\leq 9$

Полученные данные свидетельствуют о том, что моторный бензин характеризуется сравнительно высоким содержанием изопарафиновых и ароматических соединений. Это имеет значение для формирования октанового

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

числа, поскольку изопарафины и отдельные ароматические компоненты способствуют повышению детонационной стойкости топлива. При этом концентрация бензола в исследованных образцах бензина составила  $1,2 \pm 0,1\%$ , что указывает на относительно низкое содержание токсичных ароматических компонентов.

В дизельном топливе преобладали нормальные алканы и нафтеновые соединения. Такой состав положительно влияет на цетановое число и энергетические характеристики топлива. Содержание серосодержащих соединений находилось в диапазоне 8–12 ppm, что свидетельствует о высокой степени очистки дизельного топлива и его соответствии современным требованиям к снижению содержания серы.

Керосиновая фракция отличалась стабильным распределением компонентов в диапазоне углеводородов C9–C16. Наиболее значимыми компонентами являлись парафиновые и нафтеновые соединения, что характерно для среднестиллятных фракций. Содержание ароматических углеводородов в керосиновой фракции составило  $13,9 \pm 0,7\%$ , что не превышало допустимых технологических значений для исследуемого типа нефтепродукта.

Таблица 2

## Физико-химические показатели исследованных нефтепродуктов

Показатель	Моторный бензин	Дизельное топливо	Керосиновая фракция
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,742–0,756	0,820–0,845	0,785–0,812
Октановое число	92–95	-	-
Цетановое число	-	48–52	-
Температура вспышки, °С	-	64–71	43–49
Содержание серы, ppm	≤10	8–12	≤9
Среднее время анализа, мин	31±2	36±2	34±2
Предел обнаружения компонентов, %	0,001	0,001	0,001

Анализ физико-химических показателей подтвердил наличие связи между компонентным составом и эксплуатационными характеристиками нефтепродуктов. Для бензиновых фракций была выявлена положительная корреляция между содержанием изопарафиновых соединений и октановым числом [14]. Для дизельного топлива установлена связь между содержанием нормальных алканов и цетановым числом. В керосиновой фракции значимая связь наблюдалась между содержанием нафтеновых соединений и плотностью.

Таблица 3

## Статистическая оценка результатов исследования

Анализируемый показатель	Статистический критерий	Значение показателя	Уровень значимости
Различия в содержании парафиновых углеводородов между группами	критерий Фишера	F=8,42	$p \leq 0,01$
Различия в содержании ароматических углеводородов между группами	критерий Фишера	F=7,96	$p \leq 0,01$
Связь изопарафинов с октановым числом бензина	корреляция Спирмена	$r = 0,9$	$p \leq 0,01$
Связь нормальных алканов с цетановым числом дизельного топлива	корреляция Спирмена	$r = 0,8$	$p \leq 0,01$
Связь нафтеновых соединений с плотностью керосиновой фракции	корреляция Спирмена	$r = 0,7$	$p \leq 0,01$
Коэффициент вариации повторных измерений	вариационный анализ	$\leq 2,8\%$	-

Статистическая обработка показала, что различия в содержании основных групп углеводородов между бензином, дизельным топливом и керосиновой фракцией являются статистически значимыми. Значения коэффициента вариации не превышали 2,8%, что подтверждает воспроизводимость результатов газохроматографического анализа. Использование критерия

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Фишера позволило подтвердить достоверность межгрупповых различий, а корреляционный анализ Спирмена показал наличие статистически значимой связи между составом нефтепродуктов и их эксплуатационными характеристиками [15].

Полученные результаты имеют практическое значение для лабораторного контроля качества нефтепродуктов. Определение группового углеводородного состава позволяет оценивать технологические особенности переработки сырья, контролировать содержание экологически значимых компонентов и прогнозировать эксплуатационные свойства топлива. Газовая хроматография может использоваться как основной инструментальный метод при анализе моторных топлив, поскольку обеспечивает достаточную чувствительность, селективность и воспроизводимость результатов.

### **Заключение**

Проведённое исследование позволило определить компонентный состав моторного бензина, дизельного топлива и керосиновой фракции, произведённых на нефтеперерабатывающих предприятиях Туркменистана. Установлено, что во всех исследованных образцах преобладают парафиновые и изопарафиновые углеводороды, при этом содержание ароматических и серосодержащих компонентов находится на относительно низком уровне.

Газохроматографический анализ показал высокую информативность при определении группового состава нефтепродуктов. Метод позволил количественно оценить содержание основных групп углеводородов, выявить различия между бензиновыми, дизельными и керосиновыми фракциями, а также определить компоненты, влияющие на экологические и эксплуатационные свойства топлива.

Статистическая обработка результатов с использованием критерия Фишера и корреляционного анализа Спирмена подтвердила достоверность выявленных различий и наличие связи между компонентным составом и физико-

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

химическими показателями нефтепродуктов. Наиболее выраженная корреляционная связь была установлена между содержанием изопарафиновых соединений и октановым числом бензина, а также между содержанием нормальных алканов и цетановым числом дизельного топлива.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных данных для совершенствования лабораторного контроля качества нефтепродуктов, оптимизации технологических процессов нефтепереработки и оценки соответствия топливных фракций современным экологическим требованиям. Результаты исследования могут быть использованы при разработке аналитических подходов к контролю качества нефтепродуктов Туркменистана.

**Библиографический список:**

1. Солодова Н.Л., Иванова Е.В. Газовая хроматография в анализе углеводородных систем // Нефтехимия. 2020. Т. 60. № 4. С. 415–423.
2. Колесников И.М. Аналитический контроль в нефтепереработке. М.: Инфра-М, 2021. 348 с.
3. Буланкин Д.А., Тимофеев В.М. Актуализация нормативной базы в области обеспечения и сохранения качества нефти и нефтепродуктов и методов их испытаний // Проблемы и перспективы развития промышленности России: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. М.: Русайнс, 2023. С. 15–21.
4. Савонина Е.Ю., Панюкова Д.И. Современное состояние и перспективы развития способов определения группового углеводородного состава (SARA-состава) нефти и нефтепродуктов // Журнал прикладной химии. 2023. Т. 96. № 5. С. 503–524. DOI: 10.1134/S1070427223050014.
5. Жердев К.И., Денисенко С.А., Гузик Т.В. Хроматографический метод анализа в исследовании нефти и продуктов её переработки // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2024. № 4. С. 33–35.

6. Панюкова Д.И., Савонина Е.Ю., Осипов К., Марютина Т.А. Зарубежный опыт определения группового углеводородного состава нефтяного сырья и нефтепродуктов // Журнал аналитической химии. 2024. Т. 79. № 4. С. 315–331.
7. Кучаев Э.Р., Миронов М.П. Газовая хроматография в нефтехимической отрасли: применение и перспективы развития // Булатовские чтения. 2024. Т. 2. С. 75–76.
8. Мананкова М.В., Кива К.Т., Гузик Т.В. Анализ нефти и нефтепродуктов с помощью хроматографических методов // Булатовские чтения. 2025. Т. 3. С. 100–102.
9. ASTM D6730-01. Standard Test Method for Determination of Individual Components in Spark Ignition Engine Fuels by 100-Metre Capillary High Resolution Gas Chromatography. West Conshohocken: ASTM International, 2017.
10. ASTM D5580-15(2020). Standard Test Method for Determination of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, p/m-Xylene, o-Xylene, C9 and Heavier Aromatics, and Total Aromatics in Finished Gasoline by Gas Chromatography. West Conshohocken: ASTM International, 2020.
11. Speight J.G. Handbook of Petroleum Product Analysis. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. 368 p.
12. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
13. Poole C.F. Gas Chromatography. Amsterdam: Elsevier, 2012.
14. Grob R.L., Barry E.F. Modern Practice of Gas Chromatography. 4th ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004.
15. Марков В.А., Девянин С.Н. Экологические характеристики моторных топлив // Химия и технология топлив и масел. 2019. № 5. С. 12–18.