

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛКАНОВ И ИЗОПРЕНАНОВ ВО ФРАКЦИИ Н.К. – 150°С В НЕФТИ СОСТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Эрдниева Ольга Григорьевна**, кандидат химических наук, доцент

Калмыцкий государственный университет  
358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11  
E-mail: erdnieva\_og@kalmsu.ru

**Сангаджиев Мерген Максимович**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Калмыцкий государственный университет  
358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г.Элиста, ул. Пушкина, 11  
E-mail: smm54724@yandex.ru

**Бадмаев Чингиз Мингиянович**, кандидат химических наук, ассистент

Калмыцкий государственный университет  
358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г.Элиста, ул. Пушкина, 11  
E-mail: chingizbadmaev@mail.ru

**Пюрбеев Дмитрий Григорьевич**, студент

Калмыцкий государственный университет  
358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г.Элиста, ул. Пушкина, 11

Данная статья посвящена исследованию закономерности распределения алканов и изопренанов во фракции от н.к. до 150 °С нефти Состинского месторождения республики Калмыкия. Групповой углеводородный состав нефти Состинского месторождения определяли методом анилиновых точек (ГОСТ 12329-77). Исследованию подверглись фракции нефти 60–95 °С, 95–122 °С, 122–150 °С, 150–200 °С. Установлено, что в узких фракциях 60–95 °С нефти Состинского месторождения, скважины № 3, 8, 9 преобладающим классом углеводородных соединений являются алканы (84,04, 85,46 и 86,89 %, соответственно), далее арены (15,96, 14,54 и 13,11 %, соответственно). нафтены отсутствуют. Во фракции 95–122 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (55,10, 57,75 и 60,40 %, соответственно), затем нафтены (28,38, 24,25 и 20,13 %, соответственно) и арены (16,52, 18,00 и 19,47 %, соответственно). Во фракции 122–150 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (55,09, 56,14 и 57,19 %, соответственно), затем нафтены (29,66, 28,91 и 28,17 %, соответственно) и арены (15,25, 14,95 и 14,64 %). Во фракции 150–200 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (66,54, 55,82 и 45,10 %, соответственно), затем нафтены (22,18, 31,49 и 40,80 %, соответственно) и арены (11,28, 12,69 и 14,10 %, соответственно). Всего во фракции от 60 до 200 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (65,19, 63,79 и 62,39 %, соответственно), затем нафтены (20,06, 28,22 и 22,28 %, соответственно) и арены (14,75, 15,04 и 15,33 %, соответственно). Относительное распределение углеводородов во фракции н.к. – 150 °С нефти Состинского месторождения, скважины № 3, 8, 9 исследовали методом газовой хроматографии. Во фракции н.к. – 150 °С нефти Состинского месторождения, скв. № 3, 8, 9 максимум относительной концентрации приходится на пик 2,2-диметилпентана (9,48, 9,39 и 8,72 %), затем следует метилциклопентан (8,80, 8,72 и 8,09 %), н-гексан (8,75, 8,61 и 8,04 %).

Высокая относительная концентрация метилциклопентана, свидетельствуют о невысокой степени преобразованности исходного органического вещества, так как для преобразованного органического вещества характерна более низкая относительная метилциклопентана (менее 5 %). О сапропелевом происхождении исходного органического вещества свидетельствуют высокие относительные концентрации разветвлённых алканов, например 2,2-диметилпентана (8,72 %), так как для органического вещества гумусового происхождения относительные концентрации разветвлённых алканов не превышают 3–4 %.

**Ключевые слова:** углеводородный состав нефти, алканы, изопрены, изопреноидные алканы, циклоалканы, арены, анилиновая точка, газовая хроматография

#### **DETERMINATION OF ALKANES AND ISOPRENANES IN FRACTIONS OF THE IBP UP TO 150 °C IN OIL OF SOSTINSKY FIELD**

***Erdnieva Olga G.***

C. Sc. in Chemistry, Associate Professor

Kalmyk State University

11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation

E-mail: erdnieva\_og@kalsu.ru

***Sangadzhiev Mergen M.***

C. Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor

Kalmyk State University

11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation

E-mail: smm54724@yandex.ru

***Badmaev Chingiz M.***

C. Sc. in Chemistry, Assistant

Kalmyk State University

11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation

E-mail: chingizbadmaev@mail.ru

***Pyurbeev Dmitriy G.***

Student

Kalmyk State University

11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation

This article is devoted to the study of the patterns of distribution of alkanes and isoprenanes at a fraction of the IBP up to 150 °C Sostinskoe oil fields of the republic of Kalmykia. Group hydrocarbon composition Sostinskoe oil field was determined by aniline points (GOST 12329-77). Research petroleum fractions were 60–95 °C, 95–122 °C, 122–150 °C, 150–200 °C. It is established that in the narrow – 95 °C Sostinskoe oil fields, wells number 3, 8, 9, the predominant class of hydrocarbons are alkanes (84,04, 85,46 and 86,89 %, respectively), followed by the arena (15,96, 14,54 and 13,11 % respectively), naphtha no. In the fraction of 95–122 °C the predominant class of hydrocarbons are alkanes (55,10, 57,75 and 60,40 %, respectively) followed by naphthenes, (28,38, 24,25 and 20,13 %, respectively) and Arena (16,52, 18,00 and 19,47 %, respectively). In the fraction of 122–150 °C are the predominant class of alkane hydrocarbon (55,09, 56,14 and 57,19 %, respectively) followed by naphthenes, (29,66, 28,91 and 28,17 %, respectively) and arenas (15,25, 14,95 and 14,64 %). In the fraction of 150–200 °C are the predominant class of alkane hydrocarbon (66,54, 55,82 and 45,10 %, respectively) followed by naphthenes, (22,18, 31,49 and 40,80 %, respectively) and arenes (11,28, 12,69 and 14,10 %, respectively). Total fraction of from 60 to 200 °C the predominant class of hydrocarbons

are alkanes (65,19, 63,79 and 62,39 %, respectively) followed by naphthenes (20,06, 28,22 and 22,28 %, respectively) and arenas (14,75, 15,04 and 15,33 %, respectively). The relative distribution of hydrocarbon fractions IBP – 150 °C Sostinskoe oil field well number 3, 8, 9 was examined by gas chromatography. In the fraction of IBP – 150 °C Sostinskoe oil field wells. Number 3, 8, 9 has a maximum relative to the peak concentration of 2,2-dimethylpentane (9,48, 9,39 and 8,72 %), followed methylcyclopentane (8,80, 8,72 and 8,09 %) n-hexane (8,75, 8,61 and 8,04 %). High relative concentrations of methyl cyclopentane, show a low degree of transformation of the original organic matter, since the converted organic matter characterized by lower relative methylcyclopentane (less than 5 %). On sapropel origin initial organic matter indicate higher relative concentration of branched alkanes such as 2,2-dimethylpentane (8,72 %), since the organic substances of the humus origin relative concentration of branched alkanes do not exceed 3–4 %.

**Key words:** hydrocarbon composition of oil, alkanes, izoprenany, isoprenoid alkanes, cycloalkanes, arenas, analine point, gas chromatography

Нормальные алканы и алифатические изопреноиды относятся к углеводородам-биомаркерам. Нормальные алканы были первыми соединениями, идентифицированными в нефтях и органическом веществе пород. Еще в начале шестидесятых годов XX в. учёные имели весьма пессимистические взгляды на возможность открытия реликтовых углеводородов в нефтях [1]. Так известный химик нефтяник А.Ф. Добрянский в своей монографии писал, что кроме особо устойчивых соединений, например парафинов, находки в нефти других реликтовых углеводородов невозможны [2]. Однако уже в 1962 г. в нефти были открыты алифатические изопреноиды. Далее произошли открытия стеранов, гопанов и прочих углеводородов-биомаркеров [3]. Сведения об индивидуальном углеводородном составе различных фракций нефти представляет большой интерес при оценке ресурсов углеводородного сырья для нефтехимии, особенно в процессах, которые базируются на использовании индивидуальных углеводородов [4].

Целью данной работы стало изучение алканов и изопренанов во фракции от н.к. до 150 °C нефти Состинского месторождения республики Калмыкия. Исходя из поставленной цели, были выдвинуты следующие задачи:

1) определить методом анилиновых точек углеводородный состав стандартных фракций нефтей с интервалами выкипания 60–95 °C; 95–122 °C; 122–150 °C; 150–200 °C;

2) исследовать относительное распределение алканов и изопренанов во фракции от н.к. до 150 °C нефти Состинского месторождения республики Калмыкия;

3) выявить закономерности распределение алканов и изопренанов во фракции от н.к. до 150 °C нефти Состинского месторождения республики Калмыкия.

Групповой углеводородный состав нефти Состинского месторождения определяли методом анилиновых точек (ГОСТ 12329-77). Исследованию подверглись фракции нефти 60–95 °C, 9–122 °C, 122–150 °C, 150–200 °C [5].

Результаты экспериментов нефти Состинского месторождения скв. 3,8,9 представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1

**Групповой углеводородный состав нефти (скважина № 3)**

| Температурная граница фракции | Алканы, % | Нафтенy, % | Арены, % |
|-------------------------------|-----------|------------|----------|
| 60–95 °С                      | 84,04     | 0          | 15,96    |
| 95–122 °С                     | 55,10     | 28,38      | 16,52    |
| 122–150 °С                    | 55,09     | 29,66      | 15,25    |
| 150–200 °С                    | 66,54     | 22,18      | 11,28    |
| Всего от 60 до 200 °С         | 65,19     | 20,06      | 14,75    |

Таблица 2

**Групповой углеводородный состав нефти (скважина № 8)**

| Температурная граница фракции | Алканы, % | Нафтенy, % | Арены, % |
|-------------------------------|-----------|------------|----------|
| 60–95 °С                      | 85,46     | 0          | 14,54    |
| 95–122 °С                     | 57,75     | 24,25      | 18,00    |
| 122–150 °С                    | 56,14     | 28,91      | 14,95    |
| 150–200 °С                    | 55,82     | 31,49      | 12,69    |
| Всего от 60 до 200 °С         | 63,79     | 28,22      | 15,04    |

Таблица 3

**Групповой углеводородный состав нефти (скважина № 9)**

| Температурная граница фракции | Алканы, % | Нафтенy, % | Арены, % |
|-------------------------------|-----------|------------|----------|
| 60–95 °С                      | 86,89     | 0          | 13,11    |
| 95–122 °С                     | 60,40     | 20,13      | 19,47    |
| 122–150 °С                    | 57,19     | 28,17      | 14,64    |
| 150–200 °С                    | 45,10     | 40,80      | 14,10    |
| Всего от 60 до 200 °С         | 62,39     | 22,28      | 15,33    |

Установлено, что в узких фракциях 60–95 °С нефти Состинского месторождения скважины № 3, 8, 9 преобладающим классом углеводородных соединений являются алканы (84,04, 85,46 и 86,89 %, соответственно), далее арены (15,96, 14,54 и 13,11 %, соответственно). Нафтенy отсутствуют. Во фракции 95–122 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (55,10, 57,75 и 60,40 %, соответственно), затем нафтенy (28,38, 24,25 и 20,13 %, соответственно) и арены (16,52, 18,00 и 19,47 %, соответственно). Во фракции 122–150 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (55,09, 56,14 и 57,19 %, соответственно), затем нафтенy (29,66, 28,91 и 28,17 %, соответственно) и арены (15,25, 14,95 и 14,64 %). Во фракции 150–200 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (66,54, 55,82 и 45,10 %, соответственно), затем нафтенy (22,18, 31,49 и 40,80 %, соответственно) и арены (11,28, 12,69 и 14,10 %, соответственно). Всего во фракции от 60 до 200 °С преобладающим классом углеводородов являются алканы (65,19, 63,79 и 62,39 %, соответственно), затем нафтенy (20,06, 28,22 и 22,28 %, соответственно) и арены (14,75, 15,04 и 15,33 %, соответственно).

Относительное распределение углеводородов во фракции н.к. – 150 °С нефти Состинского месторождения. Скважины № 3, 8, 9 исследовали методом газовой хроматографии [6]. Данные по изучению углеводородного состава во фракции н.к. – 150 °С приведены в таблицах 4–6, хроматограммах (рис. 1–3).

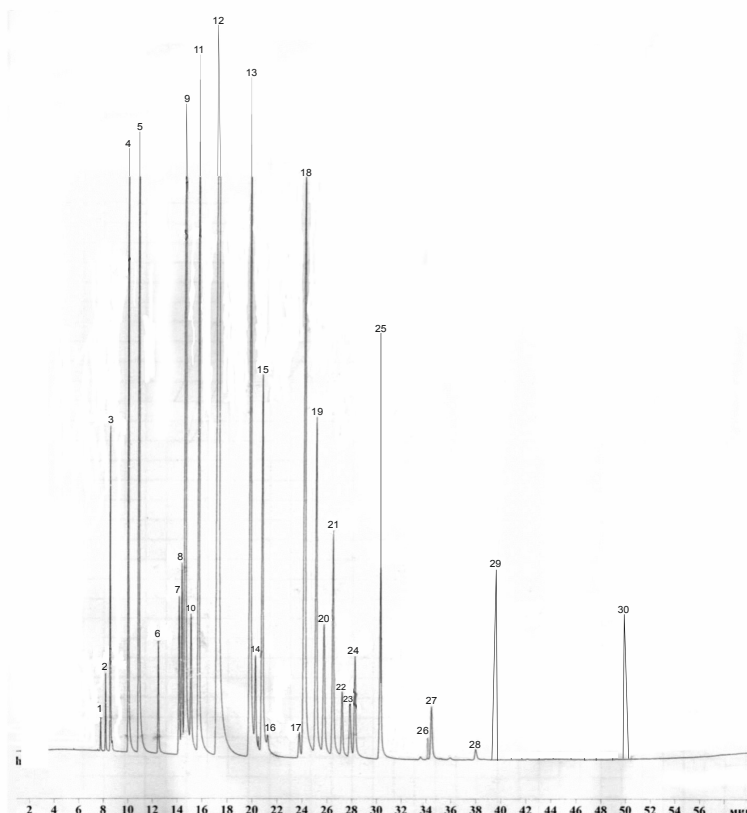


Рис.1. Фракция н.к. – 150 °С нефти Состинского месторождения, скв. 3

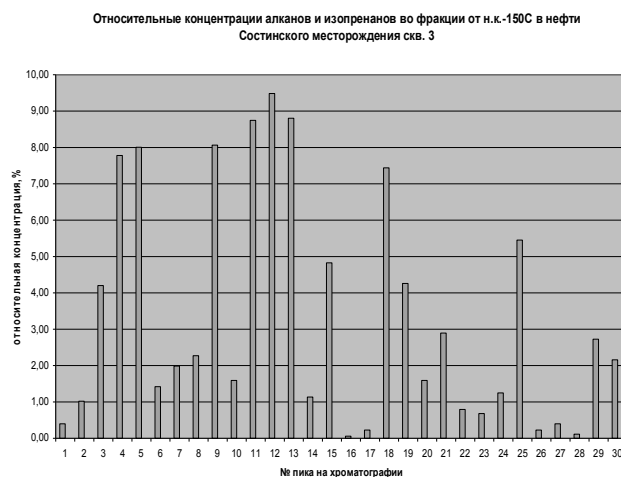
Таблица 4

Расшифровка пиков хроматограммы фракции н.к. – 150 °С нефти  
 Состинского месторождения, скважины № 3 (рис. 1)

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| 1                       | н-пропан              | 7              | 0,40                          |
| 2                       | изобутан              | 18             | 1,02                          |
| 3                       | н-бутан               | 74             | 4,20                          |
| 4                       | изопентан             | 137            | 7,78                          |
| 5                       | н-пентан              | 141            | 8,01                          |
| 6                       | 2,2-диметилбутан      | 25             | 1,42                          |
| 7                       | циклопентан           | 35             | 1,99                          |
| 8                       | 2,3-диметилбутан      | 40             | 2,27                          |
| 9                       | 2-метилпентан         | 142            | 8,06                          |
| 10                      | 3-метилпентан         | 28             | 1,59                          |
| 11                      | н-гексан              | 154            | 8,75                          |
| 12                      | 2,2-диметилпентан     | 167            | 9,48                          |
| 13                      | метилциклопентан      | 155            | 8,80                          |
| 14                      | 2,4-диметилпентан     | 20             | 1,14                          |
| 15                      | бензол                | 85             | 4,83                          |
| 16                      | 2,2,3-триметилбутан   | 1              | 0,06                          |
| 17                      | 3,3-диметилпентан     | 4              | 0,23                          |

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода        | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 18                      | циклогексан                  | 131            | 7,44                          |
| 19                      | 2-метилгексан                | 75             | 4,26                          |
| 20                      | 2,3-диметилпентан            | 28             | 1,59                          |
| 21                      | 3-метилгексан                | 51             | 2,90                          |
| 22                      | 3-этилпентан                 | 14             | 0,80                          |
| 23                      | 1,3-диметилциклопентан-транс | 12             | 0,68                          |
| 24                      | 1,2-диметилциклопентан-транс | 22             | 1,25                          |
| 25                      | н-гептан                     | 96             | 5,45                          |
| 26                      | 1,1,3-триметилциклопентан    | 4              | 0,23                          |
| 27                      | метилциклогексан             | 7              | 0,40                          |
| 28                      | 2,2,3-триметилпентан         | 2              | 0,11                          |
| 29                      | н-октан                      | 48             | 2,73                          |
| 30                      | н-нонан                      | 38             | 2,16                          |

Гистограмма 1



На полученной хроматограмме (рис. 1) идентифицировано 30 пиков (таблица 4). Максимум относительной концентрации приходится на пик 2,2-диметилпентана (9,48 %), затем следует метилциклопентан (8,80 %), *н*-гексан (8,75 %). Высокая относительная концентрация метилциклопентана свидетельствует о невысокой степени преобразованности исходного органического вещества, так как для преобразованного органического вещества характерна более низкая относительная концентрация метилциклопентана (менее 5 %). О сапропелевом происхождении исходного органического вещества свидетельствуют высокие относительные концентрации разветвлённых алканов, например 2,2-диметилпентана (9,48 %), так как для органического вещества гумусового происхождения относительные концентрации разветвлённых алканов не превышают 3-4 % (гистограмма 1).

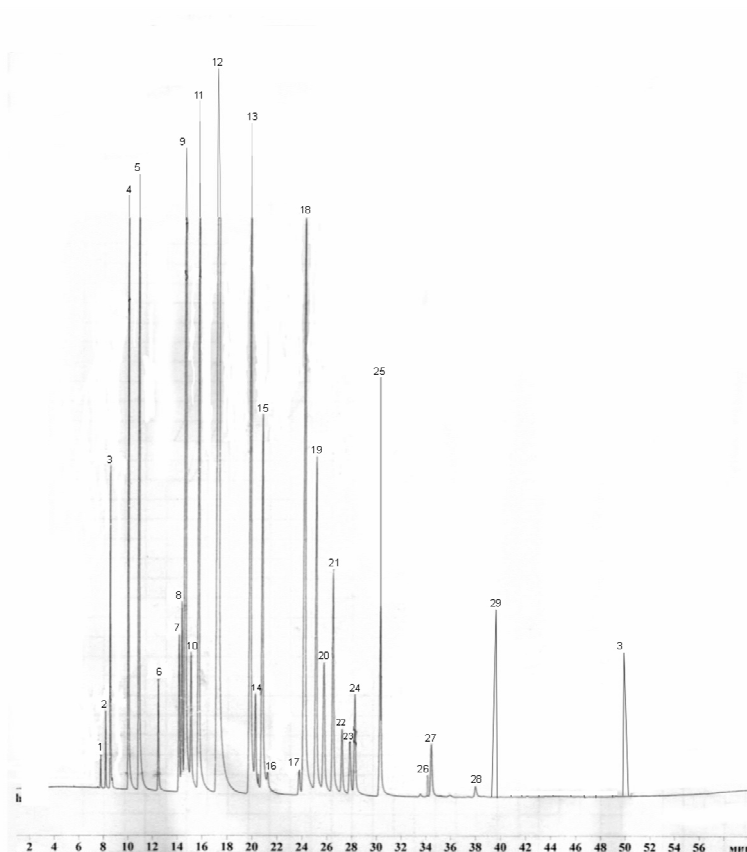


Рис.2. Фракция н.к.-150°C нефти Состинского месторождения, скв. 8.

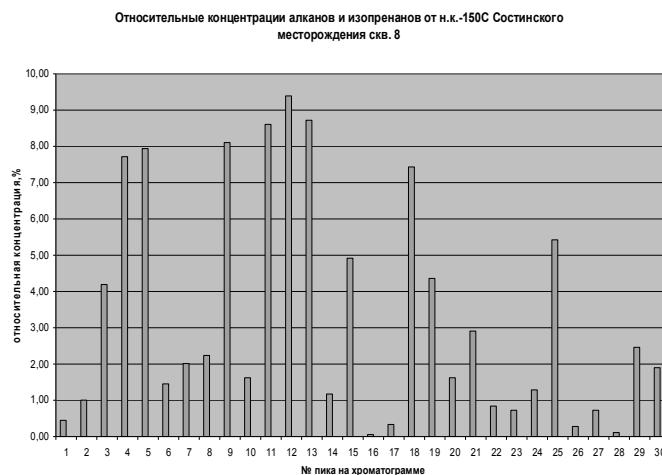
Таблица 5

Расшифровка пиков хроматограммы фракции н.к. – 150 °С нефти  
Состинского месторождения, скважины № 8 (рис. 2)

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| 1                       | н-пропан              | 8              | 0,45                          |
| 2                       | изобутан              | 18             | 1,01                          |
| 3                       | н-бутан               | 75             | 4,19                          |
| 4                       | изопентан             | 138            | 7,71                          |
| 5                       | н-пентан              | 142            | 7,94                          |
| 6                       | 2,2-диметилбутан      | 26             | 1,45                          |
| 7                       | циклопентан           | 36             | 2,01                          |
| 8                       | 2,3-диметилбутан      | 40             | 2,24                          |
| 9                       | 2-метилпентан         | 145            | 8,11                          |
| 10                      | 3-метилпентан         | 29             | 1,62                          |
| 11                      | н-гексан              | 154            | 8,61                          |
| 12                      | 2,2-диметилпентан     | 168            | 9,39                          |
| 13                      | метилциклопентан      | 156            | 8,72                          |
| 14                      | 2,4-диметилпентан     | 21             | 1,17                          |
| 15                      | бензол                | 88             | 4,92                          |
| 16                      | 2,2,3-триметилбутан   | 1              | 0,06                          |

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода        | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 17                      | 3,3-диметилпентан            | 6              | 0,34                          |
| 18                      | циклогексан                  | 133            | 7,43                          |
| 19                      | 2-метилгексан                | 78             | 4,36                          |
| 20                      | 2,3-диметилпентан            | 29             | 1,62                          |
| 21                      | 3-метилгексан                | 52             | 2,91                          |
| 22                      | 3-этилпентан                 | 15             | 0,84                          |
| 23                      | 1,3-диметилциклопентан-транс | 13             | 0,73                          |
| 24                      | 1,2-диметилциклопентан-транс | 23             | 1,29                          |
| 25                      | н-гептан                     | 97             | 5,42                          |
| 26                      | 1,1,3-триметилциклопентан    | 5              | 0,28                          |
| 27                      | метилциклогексан             | 13             | 0,73                          |
| 28                      | 2,2,3-триметилпентан         | 2              | 0,11                          |
| 29                      | н-октан                      | 44             | 2,46                          |
| 30                      | н-нонан                      | 34             | 1,90                          |

Гистограмма 2



На полученной хроматограмме (рис. 2) идентифицировано 30 пиков (таблица 5). Максимум относительной концентрации приходится на пик 2,2-диметилпентана (9,39 %), затем следует метилциклопентан (8,72 %), н-гексан (8,61 %). Высокая относительная концентрация метилциклопентана свидетельствует о невысокой степени преобразованности исходного органического вещества, так как для преобразованного органического вещества характерна более низкая относительная метилциклопентана (менее 5 %). О сапропелевом происхождении исходного органического вещества свидетельствуют высокие относительные концентрации разветвлённых алканов, например 2,2-диметилпентана (9,39 %), так как для органического вещества гумусового происхождения относительные концентрации разветвлённых алканов не превышают 3-4 % (гистограмма 2).

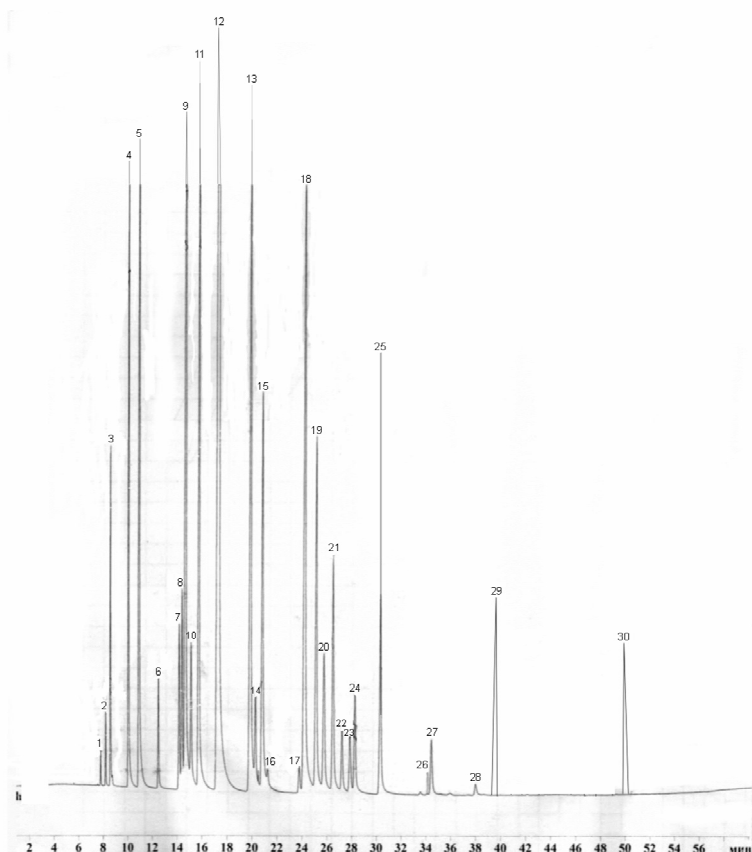


Рис.3. Фракция н.к.-150°C нефти Состинского месторождения, скв. 9.  
Расшифровка пиков приведена в таблице 15.

Таблица 6

Расшифровка пиков хроматограммы фракции н.к. – 150 °С нефти  
Состинского месторождения, скважины №9 (рис. 3)

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| 1                       | н-пропан              | 8              | 0,42                          |
| 2                       | изобутан              | 16             | 0,84                          |
| 3                       | н-бутан               | 75             | 3,92                          |
| 4                       | изопентан             | 132            | 6,89                          |
| 5                       | н-пентан              | 142            | 7,42                          |
| 6                       | 2,2-диметилбутан      | 24             | 1,25                          |
| 7                       | циклопентан           | 37             | 1,93                          |
| 8                       | 2,3-диметилбутан      | 40             | 2,09                          |
| 9                       | 2-метилпентан         | 144            | 7,52                          |
| 10                      | 3-метилпентан         | 29             | 1,51                          |
| 11                      | н-гексан              | 154            | 8,04                          |
| 12                      | 2,2-диметилпентан     | 167            | 8,72                          |
| 13                      | метилциклопентан      | 155            | 8,09                          |
| 14                      | 2,4-диметилпентан     | 17             | 0,89                          |
| 15                      | бензол                | 86             | 4,49                          |
| 16                      | 2,2,3-триметилбутан   | 1              | 0,05                          |

| № пика на хроматограмме | Название углеводорода        | Длина пика, мм | Относительная концентрация, % |
|-------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 17                      | 3,3-диметилпентан            | 6              | 0,31                          |
| 18                      | циклогексан                  | 132            | 6,89                          |
| 19                      | 2-метилгексан                | 77             | 4,02                          |
| 20                      | 2,3-диметилпентан            | 30             | 1,57                          |
| 21                      | 3-метилгексан                | 51             | 2,66                          |
| 22                      | 3-этилпентан                 | 18             | 0,94                          |
| 23                      | 1,3-диметилциклопентан-транс | 12             | 0,63                          |
| 24                      | 1,2-диметилциклопентан-транс | 21             | 1,10                          |
| 25                      | н-гептан                     | 97             | 5,07                          |
| 26                      | 1,1,3-триметилциклопентан    | 5              | 0,26                          |
| 27                      | метилциклогексан             | 7              | 0,37                          |
| 28                      | 2,2,3-триметилпентан         | 2              | 0,10                          |
| 29                      | н-октан                      | 44             | 2,30                          |
| 30                      | н-нонан                      | 33             | 1,72                          |

Гистограмма 3



На полученной хроматограмме (рис. 3) идентифицировано 30 пиков. Максимум относительной концентрации приходится на пик 2,2-диметилпентана (8,72 %), затем следует метилциклопентан (8,09 %), *н*-гексан (8,04 %). Высокая относительная концентрация метилциклопентана свидетельствует о невысокой степени преобразованности исходного органического вещества, так как для преобразованного органического вещества характерна более низкая относительная метилциклопентана (менее 5 %). О сапротелевом происхождении исходного органического вещества свидетельствуют высокие относительные концентрации разветвлённых алканов, например 2,2-диметилпентана (8,72 %), так как для органического вещества гумусового происхождения относительные концентрации разветвлённых алканов не превышают 3–4 % (гистограмма 3).

#### Список литературы

1. Богомолов А. И. Современные методы исследования нефтей / А. И. Богомолов. — Ленинград : Недра, 1984. — 324 с.
2. Богомолов А. И. Химия нефти и газа / А. И. Богомолов. — Ленинград : Химия, 1989. — 359 с.

3. Брянская Э. К. Анализ прямогонных бензинов методом газо-жидкостной хроматографии с применением капиллярных колонок / Э. К. Брянская, З. К. Оленина, А. А. Петров. – Москва : Наука, 1969. – С. 133–136.
4. Гордадзе Г. Н. Углеводороды нефти и их анализ методом газовой хроматографии : учебное пособие / Г. Н. Гордадзе, М. В. Гируц, В. Н. Кошелев. – Москва : МАКС ПРЕСС, 2010. – 235 с.
5. Дияров И. И. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям : учебное пособие для вузов / И. И. Дияров. – Ленинград : Химия, 1990. – 240 с.
6. Добрянский А. Ф. Химия нефти / А. Ф. Добрянский. – Ленинград : Гостоптехиздат, 1961. – С. 148–150.
7. Леффлер У. Л. Переработка нефти : пер. с англ. / У. Л. Леффлер ; пер. З. П. Свитанько. – Москва : Олимп-Бизнес, 2011. – 224 с.
8. Петров А. А. Углеводороды нефти / А. А. Петров. – Москва : Наука, 1984. – 264 с.
9. Петров А. А. Химия алканов / А. А. Петров. – Москва : Наука, 1974. – 243 с.
10. Петров А. А. Химия нафенов / А. А. Петров. – Москва : Наука, 1971. – 388 с.
11. Рябов В. Д. Химия нефти и газа: учебное пособие / В. Д. Рябов. – Москва : ФОРУМ, 2009. – 336 с.
12. Сыркин А. М. Основы химии и нефти / А. М. Сыркин, Э. М. Мовсумзаде. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2002. – 365 с.
13. Харрио В. Газовая хроматография с программированием температуры : пер. с англ. / В. Харрио, Г. Хэбгуд ; пер. В. А. Сирнягна. – Москва : Мир, 1968. – 340 с.
14. Эрдниева О. Г. Физико-химические исследования нефтей и нефтепродуктов / О. Г. Эрдниева, Л. Х. Сангаджиева, Ч. М. Бадмаев. – Элиста : Калмыцкий государственный университет, 2012. – Часть 1. – 116 с.
15. Эрих В. Н. Химия и технология нефти и газа / В. Н. Эрих, М. Г. Расина, М. Г. Рудин. – Ленинград : Химия, 1977. – 424 с.

#### References

1. Bogomolov A. I. *Sovremennye metody issledovaniya neftei* [Modern methods of research of oils], Leningrad, Nedra Publ., 1984. 324 p.
2. Bogomolov A. I. *Khimiya nefi i gaza* [Chemistry of oil and gas], Leningrad, Khimiya Publ., 1989. 359 p.
3. Bryanskaya E. K., Olenina Z. K., Petrov A. A. *Analiz pryamogonnykh benzinov metodom gazo-zhidkostnoy khromatografii s primeneniem kapillyarnykh kolonok* [Analysis of straight-run gasoline by method of gas-liquid chromatography using capillary columns], Moscow, Nauka Publ., 1969, pp. 133–136.
4. Gordadze G. N., Giruts M. V., Koshelev V. N. *Uglevodorody nefi i ikh analiz metodom gazovoy khromatografii* [Hydrocarbons of oil and their analysis by method of gas chromatography], Moscow, MAKS Press Publ., 2010. 235 p.
5. Diyarov I. I. *Khimiya nefi. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam* [Chemistry of oil. A guide to laboratory work], Leningrad, Khimiya Publ., 1990. 240 p.
6. Dobryanskiy A. F. *Khimiya nefi* [Chemistry of oil], Leningrad, Gostoptekhizdat Publ., 1961, pp. 148–150.
7. Leffler U. L. *Pererabotka nefi* [Oil refining], Moscow, Olimp-Bizness Publ., 2011. 224 p.
8. Petrov A. A. *Uglevodorody nefi* [Hydrocarbons of oil], Moscow, Nauka Publ., 1984. 264 p.
9. Petrov A. A. *Khimiya alkanov* [Chemistry of alkanes], Moscow, Nauka Publ., 1974. 243 p.
10. Petrov A. A. *Khimiya naftenov* [Chemistry naphthenes], Moscow, Nauka Publ., 1971. 388 p.
11. Ryabov V. D. *Khimiya nefi i gaza* [Chemistry of oil and gas], Moscow, FORUM Publ., 2009. 336 p.
12. Syркин А. М., Мовсумзаде Е. М. *Osnovy khimii i nefi* [Basics of chemistry and oil], Ufa, Ufa State Petroleum Technological University Publ. House, 2002. 365 p.
13. Kharrio V., Khebgud G. *Gazovaya khromatografiya s programmirovaniem temperatury* [Gas chromatography with temperature programming], Moscow, Mir Publ., 1968. 340 p.
14. Erdnieva O. G., Sangadzhieva L. Kh., Badmaev Ch. M. *Fiziko-khimicheskie issledovaniya nefei i nefteproduktov* [Physico-chemical researches of oil and oil products]. Elista, Kalmyk State University Publ. House, 2012, Part 1. 116 p.
15. Erikh V. N., Rasina M. G., Rudin M. G. *Khimiya i tekhnologiya nefi i gaza* [Chemistry and technology of oil and gas], Leningrad, Khimiya Publ., 1977. 424 p.