

## Вещественный состав битума Оренбургского Приуралья

©2023 Г. А. Пономарева<sup>✉</sup>, В. П. Петрищев

*Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург,  
пр. Победы 13, 460018, г. Оренбург, Российская Федерация*

### Аннотация

*Введени:* Статья посвящена особенностям вещественного состава битума из его проявления в Оренбургском Приуралье. При изучении закономерностей распределения металлов, в том числе благородных, в нефтегазовых месторождениях Оренбургской части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции проводились и исследования образцов битумов с различных площадей и месторождений платформенного Оренбуржья. Особый интерес вызвал образец твердой черной породы, содержащей битум, обнаруженной в Предуральском краевом прогибе. Цель данной работы - изучение вещественного состава образца твердой черной породы, содержащей битум, обнаруженной в Оренбургском Приуралье.

*Методика:* Вещественный состав битума был изучен методами рентгенофазового и спектрального анализов, микроскопическими методами, методом Рамановской спектроскопии.

*Результаты и обсуждение:* По данным микроскопических методов образец представляет собой обломочную породу черного цвета с битумом и минеральными включениями преимущественно карбонатного состава. Также битум содержит обломки кварца, идиоморфные кристаллы кварца и мелкозернистую кварцевую породу. По данным порошковой рентгенографии минеральная составляющая битума представлена смесью доломита, кальцита и кварца. Наличие углистого вещества разной степени метаморфизма (от слабо измененного органического вещества до антрацитоподобного угля) в битуме выявлено методом Рамановской спектроскопии. Определение металлов в битуме выполняли спектральным анализом. Содержания обнаруженных металлов сравнивали с кларками этих металлов в карбонатных породах. Сравнительный анализ показал, что повышенные содержания обнаруживают следующие металлы: Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, Be, Ag, Ga, Ba, Zn, Mn, Sc, La, Nb.

*Заключение:* Минеральный состав природного битума представлен, в основном, доломитом, кальцитом, кварцем. В этом битуме также фиксируются различные формы углеродистого вещества – углистое вещество разной степени метаморфизма. В битуме установлены повышенные содержания следующих металлов по сравнению со средними содержаниями этих металлов в карбонатных породах: Co, Nb, Cu, Be, Ba, Zr, Ag, Mn и другие.

**Ключевые слова:** битум, карбонаты, металлы, Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, микроскопия, рентгенофазовый анализ, Рамановская спектроскопия

*Для цитирования:* Пономарева Г. А., Петрищев В. П. Вещественный состав битума Оренбургского Приуралья // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2023. № 1. С. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/1/80-88>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Пономарева Галина Алексеевна, e-mail: [galy.ponomareva@mail.ru](mailto:galy.ponomareva@mail.ru)

### Введение

На кафедре геологии, геодезии и кадастра Оренбургского государственного университета ведутся многолетние исследования закономерностей распределения металлов, в том числе благородных, в нефтегазовых месторождениях Оренбургской части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Результаты исследований обобщены в публикациях [1, 2]. Кроме того, ведутся исследования образцов битумов Садкинского, Ивановского и Каировского месторождений асфальтита и с битумопроявлениями [3, 4].

В пределах платформенного Оренбуржья выделяются надпорядковые структуры: Волго-Уральская антеклиза, Прикаспийская синеклиза и Предуральский краевой прогиб. В Предуральском краевом прогибе различают западный и восточный борты и центральную часть прогиба. Битум был найден на поверхности в зоне выхода отложений юрского возраста. Эта зона приурочена к западному борту Предуральского краевого прогиба. Отложения плохо обнажены вследствие элювиально-делювиальных развалов и высыпок пород. В.М. Горожанин и Е.Н. Горожанина (2018) рассматривают углеводородсодержащие низкотемпературные гидротермальные кальцитовые жилы Предуральского прогиба как одну «из возможных миграционных форм переноса углеводородных флюидов» [5]. В Оренбургской нефтегазоносной области при открытии Садкинского, Ивановского жильных месторождений асфальтитов в ниже залегающих отложениях были обнаружены залежи нефти и газа, что свидетельствует о миграции углеводородов по разломам [6].

Фундаментальная значимость работы связана с решением вопросов развития минералогии в области знаний о минералоидах и минералоид-минеральных взаимодействиях, изучения структуры битумов и их изменений в природных процессах, что отражено в публикациях: Юшкина (1977) и др.; Ли и Котельниковой (2008); Силаева и др. (2017); Мартиросяна (2021) и др. [7–9 и др.]. Прикладные задачи определяются перспективными использованием самих битумов как органического сырья, как признаков региональной нефтегазоносности согласно Баранову и др. (1997); Баженовой и Кушнар (2006); Овчинникову и др. (2015); Силаеву и др. (2017) и др. [8, 10, 11].

В статье представлены результаты изучения вещественного состава образца битума из проявления в Оренбургском Приуралье. Вещественный состав битума был изучен методами рентгенофазового и спектрального анализов, микроскопическими методами, методом Рамановской спектроскопии.

### Материалы и методы исследований

Отобранный образец представляет собой твердый битум черного цвета с минеральными включениями (рис. 1).

Препараты образца битума для исследования готовили следующим образом. Из исходного битума изготавливали шлифы для изучения поляризационной

микроскопией. Для исследования под бинокляром протоочки битума растворяли в толуоле при нагревании. Затем нерастворимую часть отделяли фильтрованием, промывали горячим толуолом и высушивали. Растворимая в толуоле органическая часть битума не изучалась. Из отмытого в толуоле битума отбирали черные выделения под бинокляром для исследования их Рамановской спектроскопией.



Рис. 1. Битум с Предуральского прогиба [4].  
[Fig. 1. Bitumen from Cis-Ural trough [4].]

Для рентгенофазового и спектрального анализов исходный битум измельчали. В дальнейшем исходный или природный битум будем называть просто «битум», а нерастворимую в толуоле часть – «отмытый» битум.

Микроскопические исследования проводили с использованием микроскопа стереоскопического панкратического МСП-1 (бинокляр) и поляризационного микроскопа Полам-211 на кафедре геологии, геодезии и кадастра Оренбургского государственного университета.

Фазовый состав битума изучался методом порошковой рентгенографии на дифрактометре XRD-600 (излучение  $\text{CuK}_\alpha$ ). Условия съемки: скорость сканирования  $2^\circ/\text{мин}$ , диапазон углов  $2\theta$   $3 - 70^\circ$ .

Черные выделения из отмытого битума исследовали методом Рамановской спектроскопии. Спектры комбинационного рассеяния регистрировали на спектрометре Renishaw InVia с лазером 787 нм, объектив L50X. Спектры комбинационного рассеяния были сняты с отдельных зерен черных выделений из отмытого битума. В прибор помещали россыпь зерен черных выделений и снимали все оптически отличающиеся частицы.

Рентгенофазовый анализ и исследования Рамановской спектроскопией проводили в научно-образовательном центре коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием «Центр коллективного пользования» Санкт-Петербургского горного университета.

Содержания металлов в образце определяли полуколичественным эмиссионным спектральным анали-

зом (ПКЭСА) на спектрографе СТЭ-1 в испытательной лаборатории «Оренбургской многопрофильной компании».

### Результаты и их обсуждение

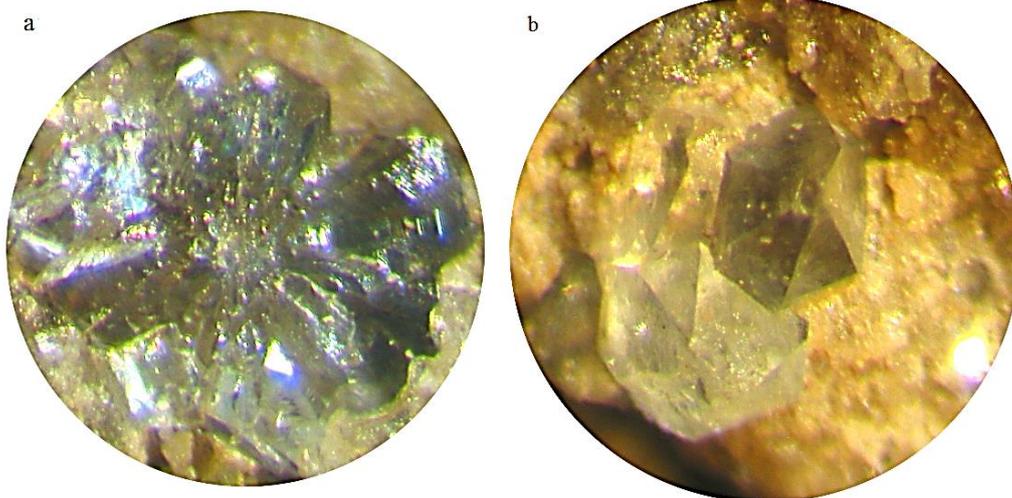
В отмытом битуме изучали минеральные включения под бинокляром. Эти включения, как оказалось, являются окремненными пеллетами, белыми с буроватым оттенком кристаллами кальцита (до 5 мм), черным углеродистым веществом (до 1.5 мм) с матовым, стекляннм и некоторые разности с металлическим блеском, а также кристаллами кварца микроскопического размера. На одном фрагменте размером 6 x 8 мм отчетливо видно, что кристаллы кварца образуют розетковидные срастания на поверхности (рис. 2) [4].

Из исходного битума было изготовлено несколько шлифов. Изучение шлифов под микроскопом показало, что образец представляет собой обломочную породу карбонатного состава. В обломках размерности от 0.035–0.040 мм до десятых долей миллиметра доминируют карбонатные породы (известняки) пелитоморфной и тонкозернистой структуры, некоторые из них темные. Часть обломков более крупной размер-

ности представляют собой кальцит. Цвет обломков кальцита белый с буроватым оттенком, желтоватый с буроватым оттенком и часть обломков бурого цвета. Некоторые обломки хорошо окатаны. Реже встречаются обломки кварца и обломки мелкозернистой кварцевой породы. Также присутствуют, например, обломок размером порядка 0.15 мм кремнистого состава, обломок мелкозернистого алевролита, удлинённый обломок слюдистого состава зеленоватого цвета, обломок (меньше 0.1 мм) калиевого полевого шпата. Кроме того, встречены два сравнительно крупных обломка тонкозернистой карбонатной породы.

Один обломок достигает 2.5 мм, другой обломок неправильной формы, мелкопятнистый: пятна округлые и прямоугольные. В другом шлифе встречено овальное обособление (0.8 x 0.5 мм), сложенное по периферии пелитоморфным кальцитом, а центр темный, непрозрачный, возможно, это срез органики. Обломки скреплены цементом бурого цвета.

Все описанные обломочные минералы в образце битума обнаружены и в окремненной зоне пород позднеюрского возраста, прослеживающихся на поверхности в районе обнаружения образца битума (рис. 3) [4].



**Рис. 2.** Кристаллы кварца в образце отмытого битума (увеличено в 50 раз): *a* – розетковидные срастания кварца, *b* – кристаллы кварца.

[Fig. 2. Quartz crystals in a sample of washed bitumen (magnified 50 times): (*a*) – rosette-shaped intergrowths of quartz, (*b*) – quartz crystals.]



**Рис. 3.** Органогенные известняки верхнеюрского возраста, окремненные, со следами окисленного битума.

[Fig. 3. Upper Jurassic organogenic limestones, silicified, with traces of oxidized bitumen.]

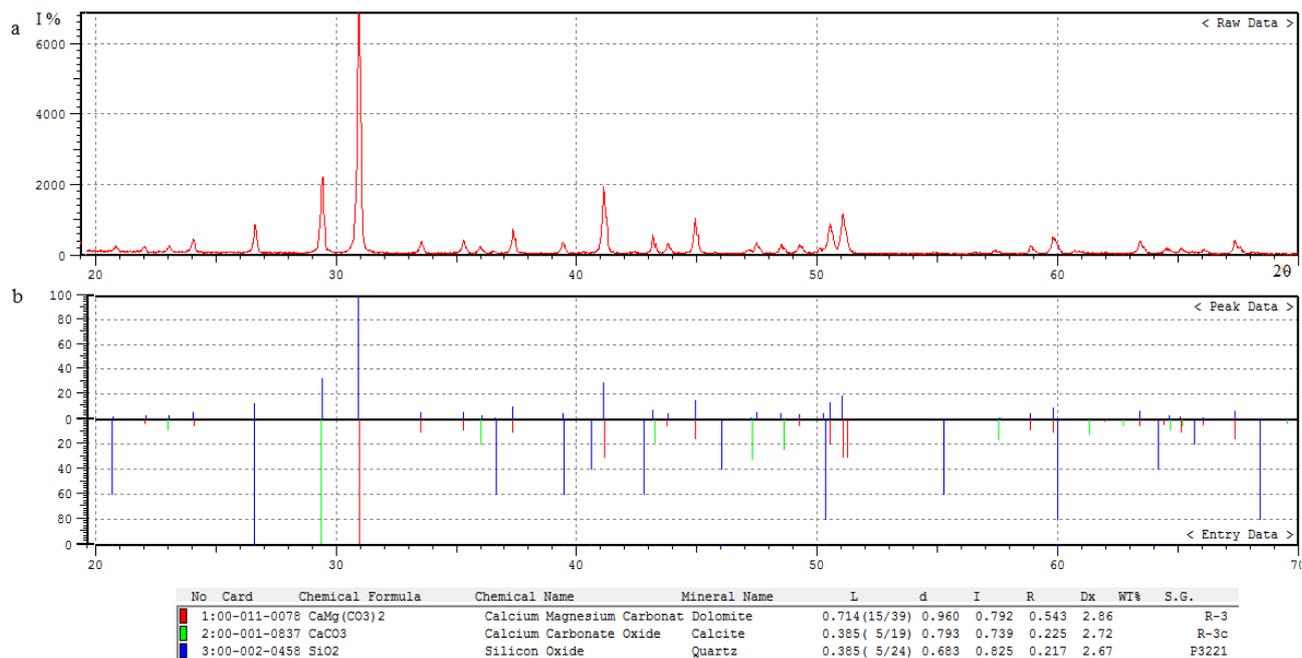


Рис. 4. Дифрактограмма (a) и штрихдиаграмма (b) образца неотмытого битума.  
[Fig. 4. Diffractogram (a) and bar chart (b) of unwashed bitumen sample.]

По данным порошковой рентгенографии битум представляет собой смесь доломита, кальцита и кварца (рис. 4). Таким образом, в битуме обнаружен местный материал окаменелых пород юрского возраста и минералы гидротермального происхождения.

Черные выделения из отмытого битума по данным Рамановской спектроскопии представляют собой углестое вещество разной степени углефикации (от слабо измененных органических остатков с сильной люминесценцией до антрацитоподобного угля) (рис. 5).

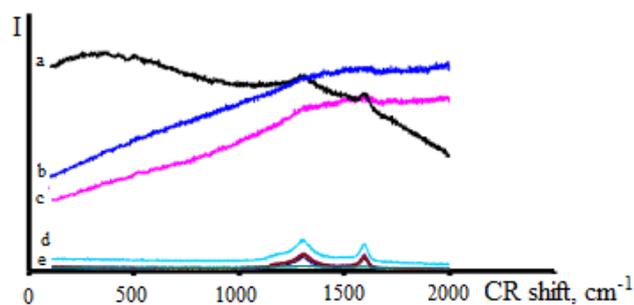


Рис. 5. Спектры комбинационного рассеяния темных выделений из отмытого образца битума.  
[Fig. 5. Raman spectra of dark precipitates from a washed bitumen sample.]

На рисунке 5, b, c образцы близки друг к другу, но у образца c есть слабо выраженный максимум. Образцы с остальными линиями на рисунке 5, a, d, e подобны друг другу. Самые гладкие спектры, без пиков, характеризуют слабо измененные органические остатки (рис. 5, b, c), а спектры с пиками – антрацитоподобный уголь (рис. 5, a, d, e). Чем острее пики, тем больше черные выделения схожи с антрацитом. На спектре оба пика отвечают колебаниям атомов угле-

рода в  $sp^2$ -состояниях. При этом полоса в районе  $1300\text{ см}^{-1}$  появляется в случае, когда размер кристаллитов или доменов мал. В состав битума входят разные формы углеродистого вещества – углеводороды и их производные, возможно содержащиеся в растворимой в толуоле органической части, и углестое вещество разной степени углефикации.

Для определения содержания металлов в битуме проводили полуколичественный эмиссионный спектральный анализ.

По данным спектрального анализа в битуме содержатся следующие металлы: медь, цинк, свинец, никель, кобальт, хром, титан, молибден, олово, бериллий, серебро, иттрий, галлий, барий, цирконий, марганец, скандий, лантан, ниобий, иттербий (табл. 1). Содержание этих металлов сравнивали с кларками металлов в карбонатных породах по К. Таркяну и К. Ведеполу [12]. Данные спектрального анализа содержания металлов в изучаемом битуме также использовали для сравнения с содержанием металлов:

1) в высокомолекулярных соединениях нефти Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) [13];

2) в смолисто-асфальтовых компонентах нефти различных месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (ВУНГП) [14].

Сравнительный анализ показал, что содержание многих металлов в битуме выше, чем кларки этих металлов в карбонатных породах. Повышенные содержания, по сравнению с кларковыми содержаниями, обнаруживают следующие металлы (табл. 1, столбец б): Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, Be, Ag, Ga, Ba, Zn, Mn, Sc, La, Nb. Например, содержание Cu, Be, Ba в битуме в 10 раз больше кларка этих металлов в карбонатных породах, Nb – в 20 раз, а Co – в 40 раз.

**Табл. 1.** Результаты спектрального анализа неотмытого битума.  
Содержания металлов даны в  $10^{-3}\%$ , приведены средние значения.

[Table 1. Results of spectral analysis of unwashed bitumen. Metal contents are given in  $10^{-3}\%$ , average values are given.]

| № п/п | Металл [Metal]        | Элемент [Element] | Битум [Bitumen] | Кларк (Справочник..., 1990) [Clark (Handbook..., 1990)] | Соотношение Битум/кларк [Bitumen/Clark ratio] | ОНГКМ (Скибицкая и др., 2019) [ONGCF (Skibitskaya et al., 2019)] | ВУНГП (Готтих и др., 2008) [VUNGP (Gottich et al., 2008)] |
|-------|-----------------------|-------------------|-----------------|---|---|--|---|
| 1     | Медь [Copper]         | Cu                | 4               | 0.4   | 10  | 0.47   | 3.128   |
| 2     | Цинк [Zinc]           | Zn                | 1.5             | 2   | 0.8   | –  | –   |
| 3     | Свинец [Lead]         | Pb                | 5               | 0.9   | 5.6   | 0.126  | 2.01  |
| 4     | Никель [Nickel]       | Ni                | 10              | 2   | 5   | 7.72   | 7.20  |
| 5     | Кобальт [Cobalt]      | Co                | 0.4             | 0.01  | 40  | 0.021  | 1.084   |
| 6     | Хром [Chromium]       | Cr                | 1.8             | 1.1   | 1.6   | 0.424  | 1.084   |
| 7     | Ванадий [Vanadium]    | V                 | н.о. [n.d.]     | 2   | –   | 30.32  | 22.76   |
| 8     | Титан [Titanium]      | Ti                | 10              | 40  | 0.3   | 0.363  | 0.524   |
| 9     | Молибден [Molybdenum] | Mo                | 0.3             | 0.04  | 7.5   | 0.544  | 0.16  |
| 10    | Олово [Tin]           | Sn                | 0.2             | 0.0x*   | >1  | –  | –   |
| 11    | Бериллий [Beryllium]  | Be                | 0.1             | 0.01  | 10  | 0.005  | –   |
| 12    | Серебро [Silver]      | Ag                | 0.008           | 0.001   | 8   | 0.084  | 0.032   |
| 13    | Иттрий [Yttrium]      | Y                 | 0.4             | 3   | 0.1   | 0.003  | 0.002   |
| 14    | Галлий [Gallium]      | Ga                | 1               | 0.4   | 2.5   | 0.174  | 0.016   |
| 15    | Барий [Barium]        | Ba                | 10              | 1   | 10  | –  | –   |
| 16    | Цирконий [Zirconium]  | Zr                | 15              | 1.9   | 7.9   | 0.024  | 0.035   |
| 17    | Марганец [Manganese]  | Mn                | 9               | 1.1   | 8   | 0.136  | 0.173   |
| 18    | Скандий [Scandium]    | Sc                | 0.5             | 0.1   | 5   | 0.112  | 0.010   |
| 19    | Лантан [Lanthanum]    | La                | 1               | 0.x   | >1  | –  | –   |
| 20    | Ниобий [Niobium]      | Nb                | 0.6             | 0.03  | 20  | –  | –   |
| 21    | Иттербий [Ytterbium]  | Yb                | 0.004           | 0.05  | 0.08  | –  | –   |

Примечания: н.о. – не обнаружено, «–» – нет данных, \* –  $0.0x \cdot 10^{-3} = x \cdot 10^{-5}$ .  
[Note: n.d. – not found, «–» – no data, \* –  $0.0x \cdot 10^{-3} = x \cdot 10^{-5}$ .]

Содержания Zn, Ti, Y, Yb ниже средних содержаний этих элементов в карбонатных породах (табл.1, столбец б). Анализ таблицы 1 свидетельствует о том, что концентрации Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mo, Y, Ga, Zr, Mn, Sc в битуме в некоторых случаях значительно превосходят содержание этих элементов в смолисто-асфальтеновых компонентах нефти различных месторождений ВУНГП и в высокомолекулярных соедине-

ниях нефти ОНГКМ. Данные по содержанию металлов в битуме хорошо согласуются с литературными данными по изучению содержания химических элементов в высокомолекулярных компонентах нефти ВУНГП [13, 14].

Известно, что нефть и битумы месторождений Оренбургской области обогащены ванадием, о чем сообщалось в публикации [1, 13]. Они относятся к

ванадиевому микроэлементному типу. С.А. Пунанова [15, 16] связывает это с особенностями накопления ванадия в углеводородах. В образцах асфальтита Садкинского месторождения спектральный анализ показал повышенные концентрации ванадия, никеля, молибдена, серебра и ряда других элементов для самих асфальтитов и для зоны контакта пород с асфальтитами [3]. В образцах Ивановского асфальтита ванадия обнаружено до 0.56 % по данным работы К.И. Мжачих (1959) [17]. Интересен тот факт, что ванадий не обнаружен в анализируемом образце, хотя он характерен для битумов платформенной части Оренбургской области.

Совместное присутствие в битуме углистого вещества разной степени измененности (от слабо измененных органических остатков с сильной люминесценцией до антрацитоподобного угля) в парагенезисе с розетковидными кристаллами и отдельными кристаллами кварца, а также кальцита, доломита весьма необычно в проявлении битума. В сравнении с Садкинским, Ивановским жильными месторождениями битума, в изучаемом битуме установлено не только углеродсодержащее (углистое) вещество, но и обломочный материал местных пород, причем часть обломков хорошо окатаны. Известны и другие проявления битума на поверхности в Предуральском прогибе [5]. Изучение поверхностных проявлений битума имеет смысл не только с точки зрения минералогии, но и, возможно, несет в себе важную генетическую информацию, необходимую при геолого-структурных построениях и поисковых работах на углеводородное сырье. Проявления битумов на поверхности в Предуральском прогибе могут свидетельствовать о формировании, переформировании или даже деструкции углеводородных залежей. Возможной формой переноса углеводородов в Предуральском прогибе являются формировавшиеся низкотемпературные гидротермальные кальцитовые жилы [5].

Подтверждением наличия гидротермальной деятельности в Предуральском прогибе служат и приведенные следующие факты. На западе Оренбургской области описаны находки горного хрусталя гидротермального происхождения [18]. Кристаллы горного хрусталя толщиной до сантиметра местами имели фиолетовый оттенок. Они инкрустировали жемчу в окаменевшем стволе дерева. Г. Д. Мусихин (1996) предположил образование горного хрусталя в результате симбиоза с минералами меди и хрома, заместившими древесину, которые выступили катализаторами этого процесса при участии органических остатков древесины.

Наличие значительных группировок ореолов киновари в Оренбургской части Предуральского прогиба по мнению А. П. Лихомана (2019) может свидетельствовать о гидротермальных рудных месторождениях, вокруг которых формируются ореолы рассеяния активного мигранта – ртути. Обнаружены шлиховые ореолы киновари в ассоциации с другими сульфидами вокруг более чем 30 нефтегазоносных струк-

тур, они приурочены к ослабленным зонам и контролируются активными разломами кристаллического фундамента [19].

### Заключение

В результате исследования выявлены особенности вещественного состава битума из проявления в западном борту Предуральского краевого прогиба.

Минеральный состав природного битума представлен, в основном, доломитом, кальцитом, кварцем. В этом битуме также фиксируются различные формы углеродистого вещества – углистое вещество разной степени метаморфизма: от слабо измененного органического вещества до антрацитоподобного угля.

В битуме установлены повышенные содержания следующих металлов по сравнению со средними содержаниями этих металлов в карбонатных породах (в скобках указаны кларки концентрации): Co (40), Nb (20), Cu (10), Be (10), Ba (10), Zr (8), Ag (8), Mn (8) и другие.

Сравнительный анализ показал, что концентрации Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mo, Y, Ga, Zr, Mn, Sc в битуме в некоторых случаях значительно превосходят содержание этих элементов в смолисто-асфальтеновых компонентах нефти различных месторождений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и в высокомолекулярных соединениях нефти Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения.

Проведенное исследование может обернуться открытием углеводородной залежи при поисках участков, благоприятных в структурном плане, поскольку твердые битумы используются для выявления общих перспектив нефтегазоносности не только в Оренбургской части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [10], но и в других нефтегазоносных провинциях [8].

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

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарева Г.А. Пространственные закономерности распределения платиноидов в месторождениях углеводородов Оренбургской области // *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий*: материалы X Всероссийской молодежной конференции. Уфа, Республика Башкортостан. М.: «Перо». 2022. С. 156–160. [Электронное издание].
2. Пономарева Г.А., Пономарев А.А. Закономерности распределения платиноидов в галогенных формациях Южного Предуралья // *Горный журнал*. 2021. № 12. С. 10–14. DOI: 10.17580/gzh.2021.12.02
3. Овчинников В.В. и др. К вопросу о генезисе Садкинского месторождения асфальтита // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2015. № 3. С. 171–176.
4. Пономарева Г.А., Овчинников В.В., Сергеева О.В., Селина Т.В. Проявление природного асфальтита в Оренбургской области // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры*: материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбургский гос. ун-т. Электрон. дан. Оренбург: ОГУ, 2017.

С. 1328–1332.

5. Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Следы миграции углеводородов и перераспределение залежей по разрезу (Южный Урал и восток платформы) // *Генезис, миграция и формирование месторождений углеводородного сырья в контексте их поиска, разведки и разработки*: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2018. С. 17–21.
6. Федоров С.Ф., Димент К.Е., Кулаков А.И., Махоньков О.М., Шпильман И.А. Закономерности размещения нефти и газа Оренбургской области. Тектоника и размещение нефтегазовых месторождений востока Русской платформы. М.: Наука, 1968. С. 81–105.
7. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии (избранные проблемы). Л.: Наука, 1977. 291 с.
8. Силаев В.И., Брокманс М.А.Т.М., Петровский В.А., Сухарев А.Е., Хазов А.Ф. Минералого-геохимические свойства твердых битумов в контексте прогноза нефтегазоносности (на примере Минусинского межгорного прогиба) // *Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*. 2017. № 6 (270). С. 3–12.
9. Мартиросян О.В. К вопросу о месте органических минералов и минералоидов в общей систематике минералов // *Записки РМО*. 2021. № 2. С. 106–111.
10. Баранов В.К., Галимов А.Г., Денцкевич И.А. и др. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. Оренбург, Оренбург. кн. изд-во, 1997. 272 с.
11. Баженова Т.К., Кушмар И.А. Основные черты геологии и геохимии природных битумов домезозойского мегабассейна Сибирской платформы. Л.: Недра, 2006. С. 132–145.
12. Справочник по геохимии / Под ред. Г.В. Войткевича, А.В. Кокина, А.Е. Мирошникова, В.Г. Прохорова. М.: Недра, 1990. 490 с.
13. Скибицкая Н.А., Ефимов А.Г., Капустин В.М., Чернышева Е.А., Политыкина М.А., Бурханова И.О., Большаков

- М.Н., Навроцкий О.А., Марутян О.О. Увеличение ресурсного потенциала Оренбургского НКМ в результате оценки прогнозных ресурсов попутных компонентов матричной нефти – металлов (редких и редкоземельных, цветных и благородных) // *Новые направления работ на нефть и газ, инновационные технологии разработки их месторождений, перспективы добычи нетрадиционного углеводородного сырья*: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Оренбург: ООО «ТИПОГРАФИЯ «АГЕНТСТВО ПРЕССА», 2019. С. 98–102.
14. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Журавлев Д.З. Геохимические особенности нефти различных регионов и возможный источник металлов в ней // *Доклады РАН*. 2008. Т. 422. № 1. С. 88–92.
15. Punanova S. Geochemical Peculiarities of the distribution of trace elements in caustobioliths. Geophysical Research: Abstracts. *EGU General Assembly 2016*. Austria. Vienna. 2016. Vol. 18. 1 p.
16. Punanova S. Trace elements' features of mature hydrocarbon systems. 28-th *International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG)*. Florence, Italy, 2017. 2 p.
17. Мжачих К.И. К вопросу о генезисе сернистых асфальтов и асфальтитов Оренбургской области. Геология и разработка нефтяных месторождений. Труды Гипровостокнефть. М.: Гостоптехиздат, Вып. 2. 1959. С. 178–200.
18. Мусихин Г.Д. Минералы Оренбургской области: В серии «Природное разнообразие Южного Урала». Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 96 с.
19. Лихоман О.А. Геологические закономерности размещения ртутной минерализации на территории юго-востока Восточно-Европейской платформы // *Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей*: материалы IX Всероссийского литологического совещания (с международным участием). Казань: Издательство Казанского университета, 2019. С. 260–262.

Пономарева Галина Алексеевна – к.г.-м.н., доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург, РФ; e-mail: galy.ponomareva@mail.ru ; ORCID 0000-0002-1167-5594

Петрищев Вадим Павлович – д. г. н., заведующий кафедрой геологии геодезии и кадастра, доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург, РФ; e-mail: vadpetr@mail.ru ; ORCID 0000-0002-7711-8141

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Galina A. Ponomareva – PhD. in Geol-Min, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation; e-mail: galy.ponomareva@mail.ru; ORCID 0000-0002-1167-5594

Vadim P. Petrishchev – Dr. habil. in Geog., Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation; e-mail: vadpetr@mail.ru ; ORCID 0000-0002-7711-8141

Authors have read and approved the final manuscript.

## The material composition of the bitumen of the Orenburg Cis-Urals region

©2023 G. A. Ponomareva<sup>✉</sup>, V. P. Petrishchev

*Orenburg State University, 13 Pobedy pr., Orenburg, 460018, Russian Federation*

### Abstract

**Introduction:** The article is devoted to the features of the material composition of bitumen from its occurrence in the Orenburg Cis-Urals region. In the course of the study the patterns of distribution of metals, including noble ones, in the oil and gas fields of the Orenburg part of the Volga-Ural oil and gas province, bitumen samples from various areas and deposits of the platform Orenburg region were also studied. The solid black rock sample containing bitumen found in the Cis-Ural trough was of particular interest. The purpose of this study was investigation of the material composition of the solid black rock sample containing bitumen, found in the Orenburg Cis-Urals region.

**Methods:** The material composition of bitumen was studied by X-ray phase and spectral analysis, microscopic methods, and Raman spectroscopy.

**Results and discussion:** According to microscopic methods, the sample was a black fragmented rock with bitumen and mineral inclusions of predominantly carbonate composition. Bitumen also contained fragments of quartz, euhedral quartz crystals, and fine-grained quartz rock. According to powder X-ray data, the mineral component of bitumen was represented by a mixture of dolomite, calcite, and quartz. The presence of carbonaceous matter of varying degrees of metamorphism (from weakly altered organic matter to anthracite-like coal) in bitumen was detected by Raman spectroscopy. The determination of metals in bitumen was performed by spectral analysis. The contents of the detected metals were compared with the clarks of these metals in carbonate rocks. Comparative analysis showed elevated contents of the following metals: Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, Be, Ag, Ga, Ba, Zn, Mn, Sc, La, Nb.

**Conclusions:** The mineral composition of natural bitumen was represented mainly by dolomite, calcite, and quartz. This bitumen also contained various forms of carbonaceous matter - carbonaceous matter of varying degrees of metamorphism. Elevated contents of the following metals have been established in bitumen compared to the average contents of these metals in carbonate rocks: Co, Nb, Cu, Be, Ba, Zr, Ag, Mn, and others.

**Keywords:** bitumen, carbonates, metals, Volga-Ural oil and gas province, microscopy, X-ray phase analysis, Raman spectroscopy

**For citation:** Ponomareva G. A., Petrishchev V. P. The material composition of the bitumen of the Orenburg Cis-Urals region // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2023, no. 1, pp. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/1/80-88>

**Conflict of interests:** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Galina A. Ponomareva, e-mail: [galy.ponomareva@mail.ru](mailto:galy.ponomareva@mail.ru)

## REFERENCES

- Ponomareva G.A. Prostranstvenny`e zakonomernosti raspredeleniya platinoidov v mestorozhdeniyax uglevodorodov Orenburgskoy oblasti [Spatial patterns of distribution of platinoids in hydrocarbon deposits of the Orenburg region]. *Geologiya, geoe`kologiya i resursny`j potencial Urala i sopredel'ny`x territorij: materialy` X Vserossijskoj molodezhnoj konferencii*. Ufa, Respublika Bashkortostan. [Geology, Geoecology and Resource Potential of the Urals and Adjacent Territories: materials of the X All-Russian Youth Conference.]. Ufa, Republic of Bashkortostan, Moscow, «Pero» publ., 2022, pp. 156–160 (In Russ.)
- Ponomareva G.A., Ponomarev A.A. Zakonomernosti raspredeleniya platinoidov v galogenny`x formacijax Yuzhnogo Predural'ya [Distribution patterns of platinoids in halogen rock masses in the Southern Urals] *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2021, no. 12, pp. 10–14 (In Russ.)
- Ovchinnikov V.V., Ponomareva G.A. K voprosu o genezise Sadkinskogo mestorozhdeniya asfal'tita [To the question of the genesis of the Sadkinsky asphaltite deposit]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – Vestnik of the Orenburg State University*, 2015, no. 3, pp. 171–176 (In Russ.)
- Ponomareva G.A., Ovchinnikov V.V., Sergeeva O.V., Selina T.V. Proyavlenie prirodnoho asfal'tita v Orenburgskoy oblasti [The manifestation of natural asphaltite in the Orenburg region]. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury: materialy` Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii. Orenburgskij gos. un-t. E`lektron. dan* [University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference. Orenburg State University. Electron. Dan]. Orenburg publ., 2017, pp. 1328–1332 (In Russ.)
- Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. Sledy migracii uglevodorodov i pereraspredelenie zalezhej po razrezu (YUzhnyj Ural i vostok platformy) [Traces of hydrocarbon migration and redistribution of deposits along the section (South Urals and the east of the platform)]. *Genezis, migraciya i formirovanie mestorozhdenij uglevodorodnogo syr'ya v kontekste ih poiska, razvedki i razrabotki: materialy` Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Genesis, migration and formation of hydrocarbon deposits in the context of their search, exploration and development: materials of the All-Russian scientific and practical conference]. Orenburg, OOO «TIPOGRAFIYA «AGENTSTVO PRESSA» publ., 2018, pp. 17–21 (In Russ.)
- Fedorov S.F., Diment K.E., Kulakov A.I., Makhonkov O.M., Shpilman I.A. Zakonomernosti razmeshcheniya nef'ti i gaza Orenburgskoy oblasti [Patterns of oil and gas distribution in the Orenburg region]. *Tektonika i razmeshchenie nef'tegazovyh mestorozhdenij vostoka Russkoj platformy* [Tectonics and distribution of oil and gas fields in the east of the Russian platform]. Moscow, Nauka publ., 1968, pp. 81–105 (In Russ.)
- Yushkin N.P. *Teoriya i metody mineralogii (izbrannye problemy)* [Theory and methods of mineralogy (selected problems)]. Leningrad, Nauka publ., 1977, 291 p. (In Russ.)
- Silaev V.I., Brockmans M.A.T.M., Petrovsky V.A., Sukharev A.E., Khazov A.F. Mineralogo-geohimicheskie svoystva tverdyh bitumov v kontekste prognoza nef'tegazonosnosti (na primere Minusinskogo mezhgornogo progiba) [Mineralogical and geochemical properties of solid bitumen in the context of forecasting oil and gas content (on the example of the Minusinsk intermountain trough)]. *Vestnik instituta geologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj Akademii Nauk. – Bulletin of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2017, no. 6 (270), pp. 3–12 (In Russ.)
- Martirosyan O.V. K voprosu o meste organicheskikh mineralov i mineraloidov v obshej sistematike mineralov [On the question of the place of organic minerals and mineraloids in the general taxonomy of minerals]. *Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshchestva – Proceedings of the Russian Mineralogical Society*, 2021, no 2, pp. 106–111 (In Russ.)
- Baranov V.K., Galimov A.G., Dentskevich I.A. et al. *Geologicheskoe stroenie i nef'tegazonosnost' Orenburgskoy oblasti* [Geological structure and oil and gas content of the Orenburg region]. Orenburg, Orenburg book publishing house publ., 1997, 272 p. (In Russ.)
- Bazhenova T.K., Kushmar I.A. *Osnovnye cherty geologii i geohimii prirodnyh bitumov domezozojkogo megabassejna Sibirskoj platformy* [The main features of the geology and geochemistry of natural bitumens of the pre-Mesozoic megabasin of the Siberian platform]. Leningrad, Nedra publ., 2006, pp. 132–145 (In Russ.)
- Spravochnik po geohimii* [Handbook of Geochemistry]. Ed. by G.V. Voitkevich, A.V. Kokina, A.E. Miroshnikova, V.G. Prokhorov. Moscow, Nedra publ., 1990, 490 p. (In Russ.)
- Skibitskaya N.A., Efimov A.G., Kapustin V.M., Chernysheva E.A., Politykina M.A., Burkhanova I.O., Bolshakov M.N., Navrotsky O.A., Marutyan O.O. Uvelichenie resursnogo potenciala Orenburgskogo NGKM v rezul'tate ocenki prognoznyh resursov poputnyh komponentov matrichnoj nef'ti – metallov (redkih i redkozemel'nyh, cvetnyh i blagorodnyh) [Increasing the resource potential of the Orenburg oil and gas condensate field as a result of assessing the predicted resources of associated components of matrix oil - metals (rare and rare earth, non-ferrous and precious)]. *Novye napravleniya rabot na nef't' i gaz, innovacionnye tekhnologii razrabotki ih mestorozhdenij, perspektivy dobychi netradicijonnogo uglevodorodnogo syr'ya: materialy` Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [New directions of work on oil and gas, innovative technologies for the development of their fields, prospects for the production of unconventional hydrocarbon raw materials: materials of the All-Russian scientific and practical conference]. Orenburg, OOO «TIPOGRAFIYA «AGENTSTVO PRESSA» publ., 2019, pp. 98–102 (In Russ.)
- Gotikh R.P., Pisotsky B.I., Zhuravlev D.Z. Geohimicheskie osobennosti nef'ti razlichnyh regionov i vozmozhnyj istochnik metallov v nej [Geochemical features of oil from different regions and a possible source of metals in it]. *Doklady` Rossijskoj akademii nauk. – Reports of the Russian Academy of Sciences*, 2008, vol. 422, no. 1, pp. 88–92 (In Russ.)
- Punanova S. Geochemical Peculiarities of the distribution of trace elements in caustobioliths. *Geophysical Research: Abstracts. EGU General Assembly 2016. Austria*. Vienna, 2016, Vol. 18, 1 p.
- Punanova S. Trace elements' features of mature hydrocarbon systems. 28-th *International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG)*. Italy. Florence, 2017, 2 p.
- Mzhachikh K.I. K voprosu o genezise sernistyh asfal'tov i asfal'titov Orenburgskoy oblasti [On the question of the genesis of sulfurous asphalts and asphaltites of the Orenburg region]. *Geologiya i razrabotka nef'tyanyh mestorozhdenij (Trudy Giprovostokneft'. Vyp. 2)* [Geology and development of oil fields (Proceedings of Giprovostokneft. Issue 2)]. Moscow, Gostoptekhizdat publ., 1959, pp. 178–200. (In Russ.)
- Musikhin G.D. *Mineraly Orenburgskoy oblasti: V serii «Prirodnoe raznoobrazie YUzhnogo Urala»* [Minerals of the Orenburg region: In the series «Natural diversity of the Southern Urals»]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences publ., 1996, 96 p. (In Russ.)
- Likhoman O.A. Geologicheskie zakonomernosti razmeshcheniya rtutnoj mineralizacii na territorii yugo-vostoka Vostochno-Evropejskoj platformy [Geological patterns of the distribution of mercury mineralization in the southeast of the East European platform]. *Litologiya osadochnykh kompleksov Evrazii i shel'fovyyh oblastej: materialy` IX Vserossijskogo litologicheskogo soveshchaniya (s mezhdunarodny`m uchastiem)* [Lithology of sedimentary complexes of Eurasia and shelf areas: materials of the IX All-Russian Lithological Conference (with international participation)]. Kazan, Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta publ., 2019, pp. 260–262 (In Russ.)