

---

---

**ДИСКУССИИ,  
БИБЛИОГРАФИЯ, ОБЗОРЫ**

---

---

**К ВОПРОСУ О МЕСТЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МИНЕРАЛОВ И МИНЕРАЛОИДОВ  
В ОБЩЕЙ СИСТЕМАТИКЕ МИНЕРАЛОВ**© 2021 г. д. чл. **О. В. Мартиросян\****Геологический институт РАН, Пыжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия**\*e-mail: mov@ginras.ru*

Поступила в редакцию 20.12.2020 г.

После доработки 01.02.2021 г.

Принята к публикации 11.02.2021 г.

Статья посвящена вопросу места веществ органического происхождения в общей систематике минералов. При рассмотрении некоторых аспектов истории минералогии дано объяснение причины исключения некристаллических органических веществ из минералогической классификации. Сделан вывод, что получение знаний о структуре и свойствах органических минералоидов поможет в построении их классификации по структурно-химическому принципу и, как следствие, понимании их места в минеральном царстве. Окончательное решение этого вопроса – дело будущего.

*Ключевые слова:* органические минералы и минералоиды, систематика минералов

**DOI:** 10.31857/S08696052102009X

**ВВЕДЕНИЕ**

Общеизвестно, что углерод взаимодействует практически со всеми элементами таблицы Д.И. Менделеева. Однако особый интерес представляют молекулярные системы, в которых преимущественно реализуются связи углерод–углерод.

С точки зрения кристаллографии подобные системы можно разбить на две группы:

1) системы, где атомы углерода в бесконечном трехмерном пространстве расположены регулярно, к ним относят природные и синтетические кристаллические соединения, такие как алмаз, графит, некоторые углеводороды, соли органических кислот;

2) системы из атомов углерода, расположенных регулярно лишь в объемах малых размеров. В качестве объектов, относящихся ко второй группе веществ, обычно рассматривают узкий круг твердых некристаллических образований – твердые битумы, неминеральные компоненты торфов, горючих сланцев, углей, ископаемые смолы и т.д. Причем многие из этих аморфных углеродистых веществ нельзя отнести к чисто углеродным веществам, поскольку они представляют собой смеси углеродной и водородной составляющих. Именно эти две группы веществ привлекает наше основное внимание и интерес к занимаемому ими месту в общей систематике минералов.

**История изучения вопроса.** Систематизация минералов и критерии, положенные в ее основу, изменялись по мере развития истории человечества и собственно минералогии. Как только человек научился поддерживать огонь, он начал разделять вещества на горючие и негорючие. Сформировались устойчивые представления, что горючие материалы обязательно имеют растительное или животное происхождение, в то время как песок, различные горные породы не поддерживали горение. Но были и исключения – сера, продукт неживой природы, входила в группу горючих веществ.

Выделение веществ органического происхождения в самостоятельную группу в классификациях еще со времен раннего средневековья большей частью осуществлялось по признаку горючести. В трактате “Книга исцеления” арабский ученый Авиценна (Абу-Али ибн-Сина, 980–1037) выделил угли, битумы, нефть, янтари, а вместе с ними алмаз, графит и, собственно, серу в отдельный класс “горючие тела”. Таким образом, они являлись равноправными объектами минерального мира. Позднее, в значительной степени этому также способствовал авторитет Г.П. Бауэра, Агриколы (1494–1555), который приписывал неорганическое происхождение асфальту и янтарю (Agricola, 1546). Это сближение по признаку горючести продолжалось позднее вплоть до первой четверти XIX в. (Georgi, 1798; Hausmann, 1813; Werner, 1817; Hartmann, 1843).

После того, как в 1758 г. шведским химиком и минералогом А.Ф. фон Кронстедтом (1722–1765) было впервые высказано, что существенное значение для систематики минералов имеет присутствие в составе определенных химических элементов, т.е. минералы представляют собой химические соединения с определенным составом, появились классификации, которые основывались на принципах элементного состава (Naumann, 1828; Соколов, 1831; Матушевский 1870; Lapparent, 1899). В группу углерода и его соединений входили алмаз, графит, угли, янтарь, нефть и ее дериваты, а также соли органических кислот. Примечательно, что использование информации об элементном составе не дало оснований специально отделить (или исключить) класс горючих веществ, несмотря на то, что биогенное происхождение большинства их них, кроме серы и алмаза, было очевидно уже на тот момент. Заметим, что химические классификации вплоть до 1830-х гг. оставались господствующими.

Деление, положенное в основу современной систематики минералов как химических соединений, впервые было выражено шведским химиком Й.Я. Берцелиусом (1779–1848). Он четко разделил объекты минералогии на два класса: неорганический и органический. В последний входили: торф, лигнит, ископаемые смолы, элатерит, битумы, угли, соли органических кислот (Berzelius, 1819, p. 40). Алмаз, графит и антрацит были объединены в отдельную группу углерода.

Систематика Дж.Д. Дэна (1813–1895) разрабатывалась постепенно, и в 6-м издании “Системы минералогии” (Dana, 1920) он предложил классификацию минералов, в которой вещества органического происхождения были выделены в две отдельные группы: соли органических кислот и углеводороды (гартит, фихтелит, эвенкит, карпатит, идриалит), причем в последнюю группу входили и ископаемые смолы. При этом он отметил, что вещества из этой группы не очень укладываются в рамки чистой минералогии. Битумы и угли он рассматривал в качестве приложения к классу углеводородов.

Позднее во многих классификациях данная группа веществ выведена за их пределы в виде дополнения (Rammelsberg, 1860; Hintze, 1933). В отдельную группу простых веществ входили только графит и алмаз, а такие образования, как нефть, уголь и битумы, торф, горючие сланцы, уже не были включены в классификацию.

Дальнейшее развитие и укрепление химического и кристаллографического направления в минералогии постепенно привело к тому, что две крупные системы объектов (неорганических и органических) были исследованы весьма неодинаково. После разработки метода порошковой рентгенографии в 1916 г., стало понятно, что не все вещества, отнесенные в группу органических веществ, являются минералами. Однако основным интересом минералогов были вещества неорганического происхождения, как правило, с хорошей кристаллической структурой. Степень их изученности оказалась выше, чем веществ органического происхождения, в большинстве своем не имеющих кристаллической структуры. Причиной этого для последних послужил их сложный состав и трудности в установлении зависимости физических и химических свойств от особенностей состава и структуры. Эти обстоятельства сделали их изучение очень затрудненным и требующим особых методов исследования: в частности, столь высоко-

эффективный метод изучения минералов, как рентгеноструктурный анализ, оказался бесполезным для веществ с полимерной структурой.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. ОРГАНИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЫ

Согласно современной номенклатуре минералов, утвержденной Международной Минералогической Ассоциацией (ММА), в числе кристаллических органических образований сохранены в основном: соли органических кислот, различные азотсодержащие соединения (амиды или имиды органических кислот или гетероциклов), некоторые алифатические углеводороды. В классификационных схемах они объединены в тип – “Органические соединения” (Strunz, Nickel, 2001; Булах и др., 2014). Эти объекты принято называть *органическими минералами* – твердые углеводороды или соли органических кислот с кристаллической структурой (Юшкин, 2009).

По данным минералогической таблицы Х. Штрунца и Э.Х. Никеля 10-го издания (Nickel-Strunz Classification – Organic compounds 10th edition, MinDat.org), таких минералов в кадастре минеральных видов насчитывается 51. Международная минералогическая ассоциация поддерживает данную базу данных. На данный момент к ним нужно добавить еще 8 (устное сообщение Е.Н. Котельниковой). У большинства из них определена кристаллическая структура. Трудность в конституционной расшифровке заключается в том, что очень многие органические минералы представляют собой дисперсные или изоморфные смеси и для них применение обычного монокристалльного метода рентгеноструктурного анализа становится невозможным.

В настоящее время для всех известных органических минералов разрабатывается систематика (Котельникова, 2019) на основе принципов, заложенных в классификации Х. Штрунца и Э.Х. Никеля (Strunz, Nickel, 2001) и данных, содержащихся в Кембриджском банке структурных данных (Cambridge Structural Database), который является всемирным хранилищем данных о кристаллических структурах низкомолекулярных органических и металлоорганических соединений.

**Органические минералоиды.** Невключение некристаллических органических веществ в систематику минералов обусловлено тем, что часть из них с конца 1920-х гг. была включена в группу *каустобиолитов* – горючих ископаемых (Харичков, 1911; Potonie, 1908; Вассоевич, Муратов, 1955). Этот термин в 1908 г. ввел немецкий палеоботаник и геолог Г. Потонье (1857–1913) для углей и горючих сланцев (Potonie, 1908), позднее он был распространен и на другие горючие ископаемые. Каустобиолиты принято разделять на группы: угольного (например, торфы, угли, горючие сланцы, янтарь) и нефтяного (нефть, асфальт и другие природные битумы) рядов (Потонье, 1934; Успенский и др., 1964). Заметим, что данный термин указывает на биогенное происхождение горючих ископаемых и не позволяет рассматривать в рамках данного учения природные органические вещества абиогенного происхождения.

В настоящее время вещества органического происхождения, не имеющие кристаллическую структуру, принято называть “*органическими минералоидами*”. Термин “*минералоид*” впервые предложен Н. Недзведским в 1909 г. применительно к аморфным минералам (Niedzwiedzki, 1909). В 1917 г. А.Ф. Роджерс (Rogers, 1917) предложил использовать его для обозначения минералоподобных веществ неопределенного или переменного состава (гидрокарбонаты, стекла, смолы, озокерит, асфальт, угли). Данный термин определяется по-разному различными исследователями (Чухров, 1955; Бокий, 1989; Юшкин, 1989; Сидоренко, 2001). Принято считать, что минералоиды – твердые некристаллические природные вещества с некоторым постоянством состава (Попкова, 1984). Наиболее известные геологические объекты, относящиеся к органическим минералоидам – твердые битумы, озокерит, неминеральные компоненты торфов, горючих сланцев, углей, ископаемые смолы.

Для органических минералоидов, с появлением все более совершенных методов исследования, которые глубже проникают в структуру вещества и позволяют исследовать его более разнообразным и точным образом, установлено, что их структурная упорядоченность осуществляется на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Сформировались подходы к описанию данных организационных уровней. Но, несмотря на многолетние исследования, представления об их строении далеки от полноты и содержат много дискуссионных моментов. Кроме сложности структуры таких образований, это можно объяснить ограниченными возможностями методов исследования. Очевидно, что уточнение научных представлений в области структуры органических минералоидов требует дальнейших экспериментальных исследований и методических разработок. Это позволит в будущем использовать полученные знания для построения их классификации (отсутствующей на данный момент) по структурно-химическому принципу и, как следствие, понимания их места в минеральном царстве.

Сейчас они систематизируются в значительной степени условно, на основе, главным образом, геологической и генетической информации (Успенский и др., 1964). Тем не менее, до сих пор нет единой генетической классификации для всех органических минералоидов, которая сумела бы отразить в себе их генетические взаимоотношения с исходным органическим веществом, условиями образования. Сложность ее создания состоит в том, что генезис многих из них только косвенно связан с их свойствами, а методы, используемые при их изучении, в редких случаях дают непосредственные доказательства генетических отношений, в которых они находятся. Поэтому все известные генетические классификации органических минералоидов представляют собой в большинстве случаев схемы, базирующиеся обычно на их отдельных свойствах и процессах преобразования органического вещества.

В современной системе минералогического знания органические минералы и минералоиды рассматриваются в качестве объектов *органической минералогии* — науки “о природных твердых структурно упорядоченных соединениях углерода с водородом и другими элементами” (Юшкин, 2009, с. 7). Это интенсивно развивающееся в последние годы направление является полноправным разделом общей минералогии.

Помимо органических минералов и минералоидов объектами органической минералогии также являются: гетеромолекулярные кристаллические вещества (кристаллогидраты, кристаллосольваты, клатраты) и металлоорганические вещества.

Исследования в области органической минералогии проводятся в научных центрах и университетах Европы, США, Канады, Китая, Японии и России. В 1985 г. на форуме ММА в г. Идар-Оберштайн (ФРГ) была организована Рабочая группа по органическим минералам (WGOM), которую возглавил советский ученый С.С. Савкевич. В нее вошли представители 10 стран. Ныне ее главой является австрийский ученый Норберт Вавра (Norbert Vavra). В Советском Союзе Комиссия по органической минералогии была создана в 1986 г. На данный момент председателем Комиссии является д.г.-м.н. Е.Н. Котельникова (Санкт-Петербургский университет).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Один из стимулов развития минералогии и одна из основных задач минералогического изучения органических минералов и минералоидов — корреляция их состава, структуры и свойств, а также геологических факторов, вызывающих их образование и изменение. Решение этих задач имеет не только научный (построение классификации), но и практический интерес, поскольку открывает принципиально новые возможности их использования и переработки. Достоверные знания о составе и строении органических минералоидов крайне важны для решения фундаментальной научной проблемы — структурных связей некристаллического и кристаллического состояний вещества.

Окончательное решение вопроса о систематическом положении органических минералоидов в минералогической классификации — дело будущего.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бокий Г.Б.* Минеральные виды, минеральные индивиды, минералоиды / Минералоиды: Конденсированное некристаллическое состояние вещества земной коры. Тез. докладов. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, **1989**. С. 6.

*Булах А.Г., Золотарёв А.А., Кривовичев В.Г.* Структура, изоморфизм, формулы, классификация минералов. СПб.: изд-во СПб. ун-та, **2014**. 133 с.

*Вассоевич Н.Б., Муратов В.Н.* К вопросу о классификации и терминологии “каустобиолитов” // Тр. ВНИГРИ. Вып. 83. **1955**. С. 149–170.

*Котельникова Е.Н.* Систематика органических минералов / Мат. 5 Росс. совещания с международным участием по органической минералогии. Пушино: ИФХ и БПП РАН, **2019**. С. 52–53.

*Матушевский А.И.* Краткий очерк минералогии. Варшава: тип. И. Гольдмана, **1870**. 257 с.

*Попкова Т.Н.* О некоторых структурно-энергетических принципах классификации минералов // ЗВМО. **1984**. Ч. 113. № 6. С. 683–696.

*Потонье Г.* Происхождение каменного угля и других каустобиолитов. Л., М.: ОНТИ, **1934**. 202 с.

*Сидоренко Г.А.* К сущности понятия “минералоид” / Некристаллическое состояние твердого минерального вещества: Мат. Международ. минерал. семинара. Сыктывкар: Геопринт, **2001**. С. 8–9.

*Соколов Д.И.* Новая система минералов // Горн. журнал. **1831**. Ч. 4. № 12. С. 317–370.

*Успенский В.А., Радченко О.А., Глебовская Е.А.* Основы генетической классификации битумов // Тр. ВНИГРИ. Вып. 230. **1964**. 266 с.

*Чухров Ф.В.* Коллоиды в земной коре. М.: Изд-во АН СССР, **1955**. 672 с.

*Харичков К.В.* Минералогия углерода или органическая минералогия. Учение о горючих (углеродистых) ископаемых. Тифлис, **1911**. 240 с.

*Юшкин Н.П.* Конденсированное некристаллическое состояние вещества литосферы / Минералоиды: Конденсированное некристаллическое состояние вещества земной коры: Тез. докладов. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, **1989**. С. 4–5.

*Юшкин Н.П.* Органическая минералогия: проблемы становления / Мат. 3 Российского совещания по органической минералогии. Сыктывкар: Геопринт, **2009**. С. 7–8.

### To The Question About Place of Organic Minerals and Mineraloids in the General Systematic Of Minerals

**O. V. Martirosyan\***

*Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

*\*e-mail: mov@ginras.ru*

The article is devoted to the question of the place of organic origin compounds in the general systematic of minerals. Under consideration of some aspects in the history of mineralogy, there are explained reasons for excluding non-crystalline organic substances from mineralogical classification. It was concluded that obtaining knowledge about the structure and properties of the organic mineraloids will help in building their classification according to the structural-chemical principle and, as a consequence, understanding their place in the mineral kingdom. The final solution to this issue will be in the future.

*Keywords:* organic minerals, mineraloids, systematic of minerals

### REFERENCES

*Agricola G.* De natura fossilium. Basileae, **1546**. 256 p.

*Berzelius J.J.* Nouveau système de minéralogie. Paris: Chez Méquignon-Marvis, **1819**. 314 p.

*Bokiy G.B.* Mineral species, mineral individuals, mineraloids. In: *Mineraloids: Condensed non-crystalline state of the earth's crust: Abs.* Syktyvkar: Komi SC UB USSR Acad. Sci., **1989**. P. 6. (*in Russian*).

*Bulakh A.G., Zolotarev A.A., Krivovichev V.G.* Structure, isomorphism, formulas, classification of minerals. Saint-Petersburg: SPbSU, **2014**. 133 p. (*in Russian*).

*Chuhrov F.V.* Colloids in the earth's crust. Moscow: USSR Acad. Sci., **1955**. 672 p. (*in Russian*).

- Dana J.D.* The system of mineralogy. Descriptive Mineralogy. 6th ed. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., **1920**. 1134 p.
- Georgi J.G.* Geographisch-physikalische und naturhistorische Beschreibung des Russischen Reichs zur Uebersicht bisheriger Kenntnisse von demselben. Th. 3. Bd. 2. Königsberg: Friedrich Nicolovius, **1798**. S. 85–344.
- Hartmann C.* Handbuch der Mineralogie. Weimar: B.Fr. Voight, **1843**. 308 s.
- Hausmann J.F.L.* Handbuch der mineralogie. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, **1813**. 352 s.
- Harichkov K.V.* Mineralogy of carbon or organic mineralogy. The doctrine of combustible (carbonaceous) fossils. Tiflis, **1911**. 240 p.
- Hintze C.A.F.* Handbuch der Mineralogie. Bd. 1. Abt. 4. Hälfte 2. Arsenite und Antimonite. Organische Verbindungen. Leipzig: Veit & Comp., **1933**. 1340 s.
- Kotelnikova E.N.* Systematics of organic minerals. In: *Proc. 5 Russian meeting with int. part. on organic mineralogy*. Pushchino: IPH and BPP RAS, **2019**. P. 52–53.
- Lapparent A.* Cours de Mineralogy. Paris: Masson et Cie., **1899**. 703 p.
- Naumann K.F.* Lehrbuch der Mineralogie. Berlin: A. Rucker, **1828**. 261 s.
- Niedzwiedzki J.* Zur mineralogischen Terminologie. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*. **1909**. H. 21. S. 661–663.
- Matushevsky A.I.* A brief outline of mineralogy. Warsaw: typ. I. Goldman, **1870**. 257 p. (in Russian).
- Popkova T.N.* On some structural and energy principles of mineral classification. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1984**. Vol. 113. N 6. P. 683–696 (in Russian).
- Potonie H.* Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Bd. I: Die Sapropelite. Eine Erläuterung zu der von den deutschen geologischen Landesanstalten angewendeten terminologie und klassifikation. Berlin: Königl. Geol. Landesanstalt, **1908**. 251 s.
- Potonie H.* Origin of coal and other caustobiolites. Moscow, Leningrad: ONTI, **1934**. 202 p. (in Russian).
- Rammelsberg C.F.* Handbuch der Mineralchemie. Leipzig, **1860**. 248 s.
- Rogers A.F.* A review of the amorphous minerals. *J. Geology*. **1917**. Vol. 25. N 6. P. 515–541.
- Sidorenko G.A.* To the essence of the concept of “mineraloid”. *Proc. of miner. seminar “Non-crystalline state of solid mineral matter”*. Syktyvkar: Geoprint, **2001**. P. 8–9 (in Russian).
- Sokolov D.L.* New system of minerals. *Gorny journal*. **1831**. Vol. 4. N 12. P. 317–370 (in Russian).
- Strunz H., Nickel E.H.* Strunz Mineralogical Tables: Chemical-Structural Mineral Classification System. 9th ed. Stuttgart: Schweizerbart, **2001**. 870 p.
- Uspensky V.A., Radchenko O.A., Glebovskaya E.A.* Fundamentals of the genetic classification of bitumen. *Proc. VNIGRI*. **1965**. Vol. 230. 266 p. (in Russian).
- Vassoevich N.B., Muratov V.N.* On the question of the classification and terminology of “caustobiolites”. *Proc. VNIGRI*. **1955**. Vol. 83. P. 149–170 (in Russian).
- Werner A.G.* Mineralsystem: aus dessen Nachlasse auf oberbergamtliche Anordnung. Hrsg. u. Erläuterungen versehen von Johann Carl Freiesleben. Freiberg; Wien: Craz u. Gerlach; C. Gerold, **1817**. XIV. 58 s.
- Yushkin N.P.* Condensed non-crystalline state of the lithosphere matter. In: *Mineraloids: Condensed non-crystalline state of the earth's crust: Abs.* Syktyvkar: Komi SC UB USSR Acad. Sci., **1989**. P. 4–5 (in Russian).
- Yushkin N.P.* Organic mineralogy: problems of formation. *Proc. 3 Russian conf. of organic mineralogy*. Syktyvkar: Geoprint, **2009**. P. 7–8.
- <https://www.mindat.org/strunz.php?a=10>