
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 549.905.1: 552.54 (470.311)

АУТИГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ПОДМОСКОВЬЯ: ПО ИТОГАМ ВЫСТАВКИ В НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

**Ю.В. Яшунский, О.С. Березнер, К.А. Скрипко,
Л.Д. Семёнова, А.Н. Филаретова¹**

При растворении в уксусной кислоте известняков и доломитов подмосковного карбона были извлечены нерастворимые в кислоте минералы, некоторые из которых образовались в ходе диагенеза: кварц, халцедон и их разновидности, калиевый полевой шпат (санидин), циркон, апатит, канафит (двойной пиррофосфат кальция и натрия), а также сульфиды и гидроксиды железа (пирит, гётит) и оксиды марганца. Наибольший интерес представляют повсеместно встречающиеся сростки кристаллов санидина и псевдоморфозы этого минерала по кальциту обломков фауны, а также находки канафита (новый для Подмосковья минерал и вторая находка в мире). Чтобы ознакомить студентов и сотрудников геологического факультета МГУ с этими новыми находками, сотрудники Музея земледения совместно с работниками Научной библиотеки геологического факультета МГУ подготовили выставку «Удивительный микромир минералов Подмосковья». На этой выставке, открытой в помещении библиотеки, были представлены микрофотографии и результаты изучения этих минералов, цветные фотографии карьеров и обнажений Подмосковья, где были отобраны исследованные образцы карбонатных пород, и сами образцы известняков и доломитов из запасников Музея земледения, а также статьи и монографии, посвящённые новообразованным (аутигенным) минералам в осадочных породах, из хранилища Научной библиотеки МГУ.

Ключевые слова: аутигенные минералы, калиевый полевой шпат, санидин, канафит, известняки, доломиты, отложения каменноугольного возраста, Московская область, выставка.

¹ Яшунский Юрий Владимирович – ведущий геолог-аналитик Информационно-аналитического центра ООО Минерал-Инфо, yashunsky@mineral.ru; Березнер Оксана Сергеевна – научный сотрудник, oksana.berezner@mail.ru; Скрипко Константин Андреевич – научный сотрудник, kscriptko@mail.ru; Семёнова Лариса Дмитриевна – инженер, semenlarisa.mse@mail.ru; Филаретова Анна Николаевна – ведущий инженер Музея земледения МГУ, anna32@yandex.ru.

AUTHIGENIC MINERALS IN THE MOSCOW REGION CARBONATE ROCKS: A CASE STUDY OF THE EXHIBITION IN THE SCIENTIFIC LIBRARY OF THE MSU FACULTY OF GEOLOGY

Yu.V. Yashunsky¹, O.S. Berezner², K.A. Scripko², L.D. Semenova², A.N. Filaretova²

¹Mineral-Info LLC, Moscow,

²Lomonosov Moscow State University (The Earth Sciences Museum)

The main idea of the article is to give the reader some information on the experiment during which Carboniferous limestones and dolomites of the Moscow region were dissolved in acetic acid. In the result of the experiment some insoluble minerals, formed during the diagenesis of the rocks involved, were recovered. Among these minerals there were quartz, chalcedony and their varieties, potassium feldspar (sanidine), zircon, apatite, canaphite (double pyrophosphate of calcium and sodium), as well as sulphides and iron oxides (pyrite, goethite), and manganese oxides. The most interesting specimens are ubiquitous splices of sanidine crystals and findings of canaphite (a new mineral for the Moscow region, and the second finding of this mineral in the world).

In order to acquaint professors, scientists and students of the Faculty of Geology with these new findings the group of employers of the MSU Earth Sciences Museum together with the staff of the Scientific Library of the MSU Faculty of Geology mounted the exhibition named The Amazing Microcosm of The Moscow Region Minerals. The exhibits included microphotographs and results of these minerals study provided by Yu.V. Yashunsky, color photographs of quarries and outcrops in the Moscow Region, where the samples of carbonate rocks were found, proper limestone and dolomite specimens from the Earth Sciences Museum collections, as well as articles and monographs devoted to the newly formed (authigenic) minerals in sedimentary rocks from the MSU Scientific Library storage. The exhibition was housed in the rooms of the Scientific Library of the MSU Faculty of Geology from 20th December 2016 to 4th April 2017, so that the staff and students of the Faculty, as well as guests of Moscow University, could get acquainted with it.

Keywords: *authigenic minerals, potassium feldspar, sanidine, canaphite, limestones, dolomites, Carboniferous sediments, Moscow region, exhibition.*

Введение. История открытий и изучения минералов Подмосковья охватывает более 200 лет. Список минералов, обнаруженных в Подмосковье за это время, включает более 130 названий [5]. Среди них особенно многочисленны минералы, принесённые в Подмосковье четвертичными ледниками. Но особо следует отметить открытия аутигенных минералов, т. е. минералов, которые образовались на месте их нахождения во время формирования осадка (седиментогенеза), либо несколько позднее, в ходе диагенеза, путём перераспределения и концентрации рассеянных в породе компонентов, замещения ими вещества горных пород или отложения в пустотах, либо в результате взаимодействия с водными растворами, проникающими в породы из вышележащих толщ.

Одним из самых простых, но достаточно надёжных признаков аутигенных минералов, позволяющих однозначно отличать их от зёрен аналогичных по составу терригенных (обломочных) минералов, принесённых в бассейн осадконакопления извне, является их идиоморфизм – наличие свойственных этому минеральному виду хорошо образованных кристаллографических очертаний: граней, рёбер и вершин кристаллов. На обломочных зёрнах, претерпевших в ходе транспортировки окатывание, истирание и дробление, эти элементы огранки в различной степени сглажены, нередко полностью уничтожены.

Наиболее яркими событиями в истории обнаружения в Подмосковье новых аутигенных минералов были находка в Ратовском овраге близ Вереи минерала ратовкита, мелкозернистой разновидности флюорита, который в 1808 г. описал первый Директор Московского общества испытателей природы Г.И. Фишер фон Вальдгейм; открытие в Подольском известняковом карьере α - и β -пальгорскита, различных аллофаноидов и шанявскита, проанализированных и описанных Ф.А. Николаевским в 1911–1917 гг.; обнаружение в 1947–1952 гг. в известняковом карьере у с. Григорово, близ железнодорожных станций Полушкино и Тучково Белорусского направления, оксикерченита, какоксена, дельвоксита, митридатита и других вторичных фосфатов; открытие в 1962 г. бокситов в карстовой воронке Верхне-Мячковского известнякового карьера [5].

Но минералогические открытия в Подмосковье продолжают и в наши дни. Примером является неожиданное обнаружение в известняках и доломитах подмосковного карбона, помимо обычных для этих пород новообразованных кальцита и минералов кремнезёма (кварца, халцедона, кремней), целой серии аутигенных минералов, некоторые из которых принято считать образующимися при высоких температурах, в магматических, метаморфических и гидротермальных условиях. Среди них были установлены калиевый полевой шпат – санидин, циркон, апатит, редкий минерал канафит² – двойной пирофосфат кальция и натрия, а также сульфиды и гидроксиды железа (пирит, гётит) и оксиды марганца. Все эти минералы были извлечены Ю.В. Яшунским из известняков и доломитов растворением этих пород в уксусной кислоте.

Наибольший интерес представляют повсеместно встречающиеся в этих породах сростки кристаллов калиевого полевого шпата (КПШ) и псевдоморфозы этого минерала по биогенному детриту, а также находки нового для Подмосковья минерала канафита. Достоверность определения этих минералов была подтверждена данными рентгеноструктурного анализа, а также результатами микронзондового химического анализа³.

Выставка в Научной библиотеке геологического факультета МГУ. Чтобы ознакомить преподавателей, сотрудников и студентов геологического факультета МГУ с этими новыми находками, группой сотрудников сектора геодинамики Музея земледения совместно с работниками Научной библиотеки геологического факультета была создана выставка в помещении библиотеки, на 6-м этаже Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова. Выставка была названа «Удивительный микромир минералов Подмосковья» (рис. 1).

На этой выставке были представлены микрофотографии аутигенных минералов, выполненные Ю.В. Яшунским в лаборатории ВИМС на растровом сканирующем электронном микроскопе, и результаты изучения химического состава этих минералов, цветные фотографии карьеров и обнажений Подмосковья, где были отобраны исследованные образцы карбонатных пород, сделанные сотрудниками сектора геодинамики МЗ МГУ, сами образцы известняков и доломитов нижнего, среднего и верхнего карбона из запасников Музея земледения, а также статьи и монографии из фондов

² Канафит впервые был обнаружен и описан в 1983 г. в качестве низкотемпературного гидротермального минерала, в ассоциации со стильбитом и кварцем, в одном из карьеров в штате Нью-Джерси, США [7–8; 2, с. 91]. Второе место в мире, где был найден канафит – Подмосковье. В коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН находится образец № 95444 – мелкозернистый агрегат кристаллов канафита из карьера близ с. Калиновские Выселки Серпуховского района Московской области (находка Ю.В. Яшунского, датированная 2015 г.) [1].

³ Количественный химический анализ калиевого полевого шпата и канафита был выполнен в Минералогическом отделе ФГБУ ВИМС на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8100 (JEOL, Япония).

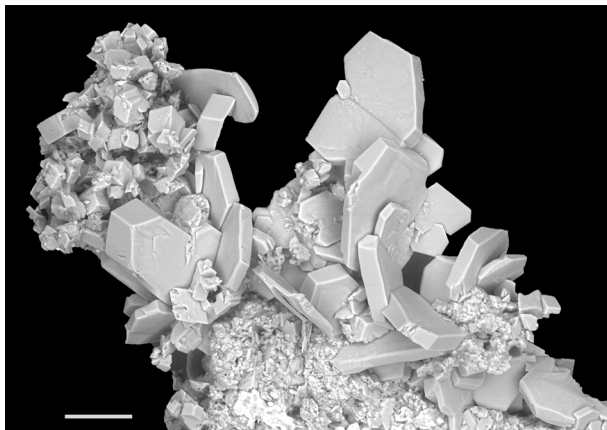


Рис. 2. Идиоморфные кристаллы санидина, сформировавшиеся в микрополости в известняке. Домодедовский карьер, мячковский горизонт московского яруса среднего карбона. Длина масштабного отрезка здесь и далее – 0,05 мм.

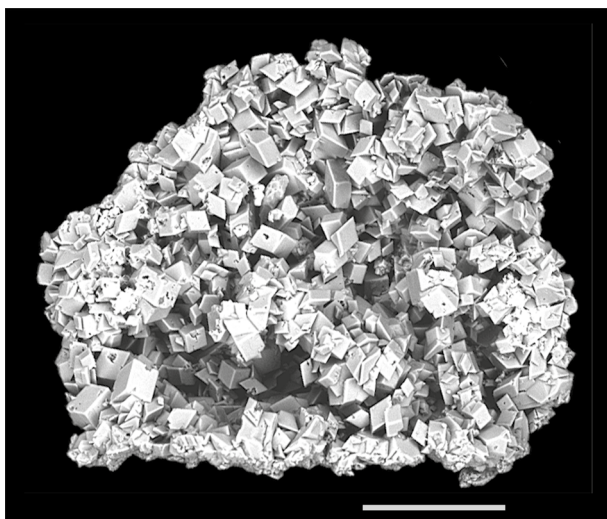


Рис. 3. Тонкокристаллический санидин, замещающий кальцитовый органогенный детрит (место отбора и возраст – см. рис. 2).

в 1865 году – в триасовых отложениях Савойских Альп, а в России в 1896 г. А.Ф. Лазаревским – в девонских карбонатных породах Орловской губернии [3]. Обзор литературы, посвящённой находкам вторичных полевых шпатов в осадочных породах, приведён в статье Л.В. Пустовалова [4]. Но в Подмосквье находки новообразованного (аутигенного) КПШ не были известны, и представленные на выставке материалы – это первые достоверно диагностированные находки КПШ в каменноугольных отложениях Московской области [6, 10].

Кристаллы и сростки кристаллов новообразованного КПШ в карбонатных породах верхнего карбона были установлены в Гжельском, Русавкинском и Афанасьевском карьерах, в породах среднего карбона – в Подольском и Домодедовском карьерах, а

также в старых разработках близ усадьбы Дубровицы, в известняках нижнего карбона – в Калиновско-Дашковском карьере.

В известняках и доломитах сростки идиоморфных кристаллов КПШ заполняют пустоты в породах (рис. 2), замещают органогенный детрит (рис. 3) и раковины ископаемых организмов (рис. 4).

На изображениях, полученных в характеристическом излучении элементов⁴, интенсивность точечного свечения пропорциональна содержанию элементов в образце. На фотоизображениях (см. рис. 4) отчётливо видно, что основными элементами анализируемого минерала являются калий, алюминий и кремний (что согласуется с его формулой $KAlSi_3O_8$). Натрий, присутствующий в небольших количествах, по-видимо-

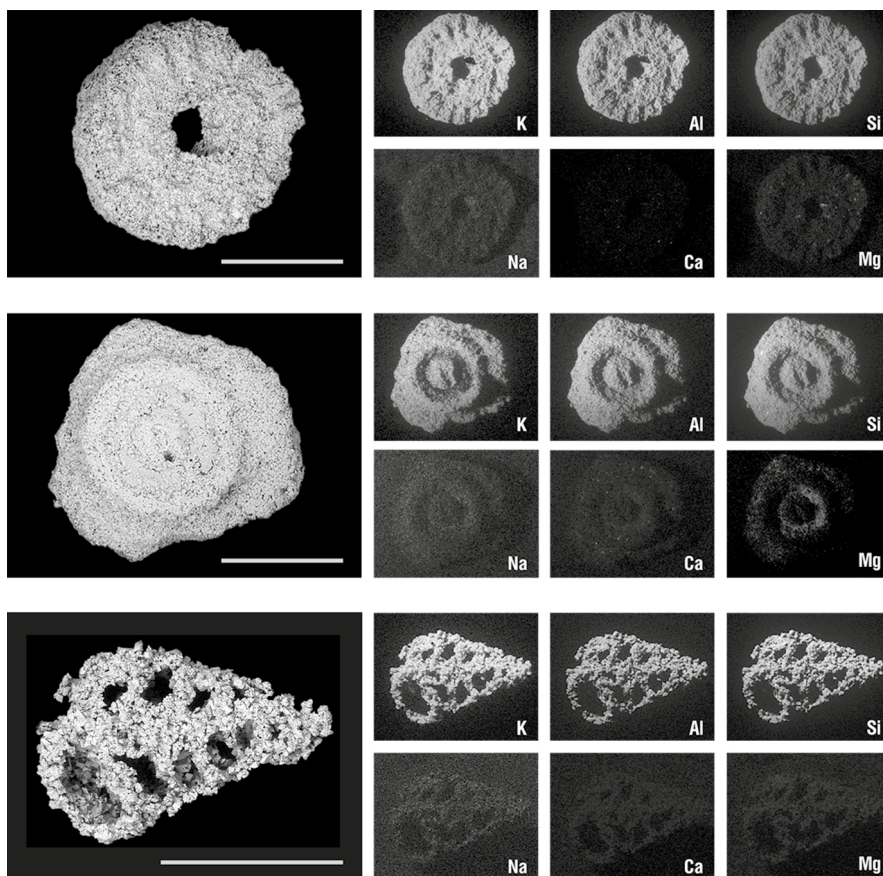


Рис. 4. Членик морской лилии, табличка панциря морского ежа и раковина фораминиферы, замещённые тонкокристаллическим санидином. Слева – изображения в отражённых электронах, справа – в характеристических излучениях указанных элементов (место отбора и возраст – см. рис. 2).

⁴ Изображения агрегатов полевого шпата в отражённых электронах и в характеристических излучениях элементов были получены в Лаборатории электронной микроскопии Научно-исследовательского института глазных болезней на сканирующем электронном микроскопе Zeiss EVO LS 10 (Zeiss, Германия) с рентгеновским микродисперсионным спектрометром Oxford X-Max 50 (Oxford, UK).

му, замещает калий в структуре КПШ, а кальций и магний являются реликтами исходного вещества (кальцита и доломита).

Изотопный возраст санидина был определён К/Аг методом в Лаборатории изотопной геохимии и геохронологии Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН). Он составил (по десяти пробам) 265–273 млн лет. Это середина пермского периода, время, когда на многих участках территории Европы существовали морские и лагунные бассейны с повышенной солёностью, в которых происходило отложение солей и гипса. По мнению Ю.В. Яшунского с соавторами [6], придонные воды таких бассейнов, проникая в нижележащие карбонатные породы, явились источником вещества и определённых гидрохимических условий для формирования калиевого полевого шпата. Если гипотеза гравитационно-рассольного эпигенеза как источника калия для образования аутигенного КПШ подтвердится, то присутствие аутигенного КПШ в карбонатных отложениях карбона может быть использовано для реконструкции границ существовавших в пермском периоде морских палеобассейнов с повышенной солёностью, а это означает, что наши представления о палеогеографических и палеофациальных условиях осадконакопления в позднем палеозое на территории Подмосковья могут быть существенно уточнены.

Канафит – минерал, впервые обнаруженный в 1983 г., в штате Нью Джерси (США) [7–8], в одном из карьеров, в котором добывают вулканические породы трапповой формации. Агрегаты бесцветных прозрачных призматических кристаллов канафита длиной до 1 мм присутствовали в виде корочек на стильбите – минерале группы цеолитов.

Первоначально канафит рассматривался исследователями как ортофосфат с формулой $CaNa_2H_2[PO_4]_2 \cdot 3H_2O$ [7–8]. Однако Р.К. Роуз с соавторами [9], изучив структуру этого минерала, пришли к выводу, что канафит – не ортофосфат, а пирофосфат, и формула его – $CaNa_2[P_2O_7] \cdot 4H_2O$. Канафит – первый и пока единственный минерал группы пирофосфатов.

В Подмосковье на сегодняшний день канафит был встречен в двух местах: в карьере Дашково-Калиновского месторождения керамзитовых глин близ дер. Калиновские Выселки Серпуховского района, в известняках протвинского горизонта серпуховского яруса нижнего карбона и в старых выработках близ усадьбы Дубровицы Подольского района, в известняках подольского горизонта московского яруса среднего карбона (рис. 5). Химический состав подмосковного канафита диагностирован микронзондовым методом [1], показавшими полную идентичность составу первых находок этого минерала в штате Нью-Джерси.

Заключение. Выставка «Удивительный микромир минералов Подмосковья» ознакомил посетителей с находками необычных аутигенных минералов в подмосковных породах каменноугольного возраста. При этом наибольший интерес вызвала находка канафита – нового для Подмосковья минерала, первого и пока единственного природного соединения со структурой пирофосфата. Горячее обсуждение вызвал также факт присутствия в карбонатных породах Подмосковья аутигенного калиевого полевого шпата (санидина) в связи с высказанным предположением, что его постоянное присутствие в породах карбона Подмосковья является свидетельством значительно более широкого, чем предполагали ранее, распространения на Восточно-Европейской равнине, в том числе на территории Московской области, лагунных бассейнов пермского возраста, рассолы которых могли бы быть источником калия для образования КПШ.

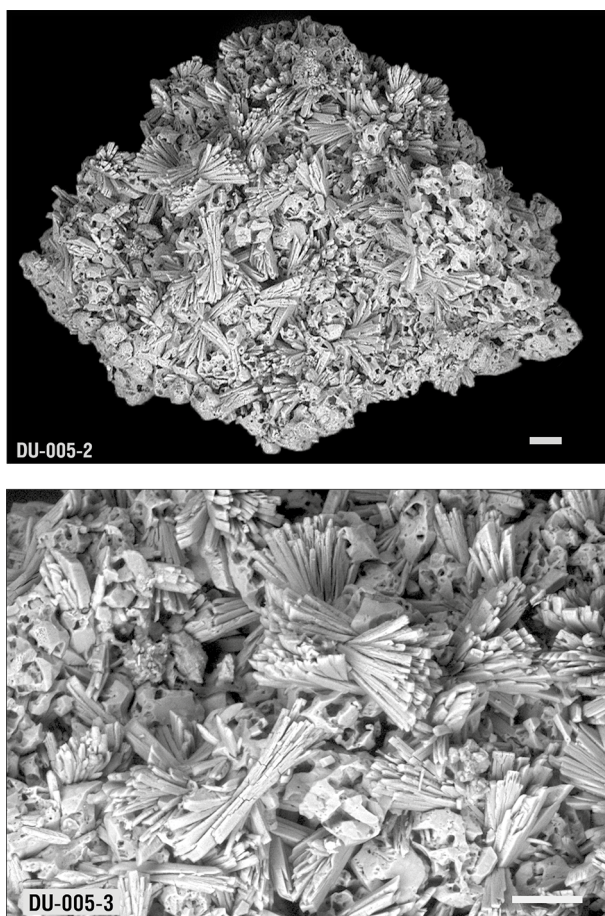


Рис. 5. Канафит из известняков подольского горизонта московского яруса среднего карбона. Подольский район, близ усадьбы Дубровицы.

Изучение минералов Подмосковья охватывает период более 200 лет, и то, что открытие новых минералов продолжается, ещё раз показало справедливость вечной истины: *во всём, что нам кажется давно изученным, всегда можно найти много неожиданного, нового и интересного.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Канафит (<http://webmineral.ru/minerals/gallery.php?id=213388>).
2. Кудряшова В.И., Рождественская И.В. Новые минералы. XLI // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1988. Вып. 1. С. 83–98.
3. Пустовалов Л.В. Вторичные изменения горных пород и их геологическое значение // О вторичных изменениях осадочных горных пород. Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 5. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 5–52.
4. Пустовалов Л.В. О вторичных полевых шпатах в осадочных породах (Обзор главнейшей литературы) // там же. С. 207–222.

5. Фекличев В.Г. Минералогическое разнообразие Подмосковья // Среди минералов (альманах). М., 1998. С. 103–112.

6. Яшунский Ю.В., Новиков А.И., Гришин С.В. Аутигенные калиевые полевые шпаты в карбонатных породах Подмосковья как возможные индикаторы специфических условий осадконакопления // ПАЛЕОСТРАТ-2017. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. Тез. докл. М.: Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН, 2017. С. 76.

7. Peacor D.R., Dunn P.J., Simmons W.B., Wicks F.J. Canaphite, a new sodium calcium phosphate hydrate from Paterson Area, New Jersey // *Mineralogical Record*. 1985. V. 16, No. 6. P. 467–468.

8. Peacor D.R., Dunn P.J., Simmons W.B., Wicks F.J. Canaphite, a new sodium calcium phosphate hydrate from Paterson Area, New Jersey (abstr.) // *American Mineralogist*. 1986. V. 71. P. 1543–1544.

9. Rouse R.C., Peacor D.R., Freed R.L. Pyrophosphate groups in the structure of canaphite $\text{CaNa}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: the first occurrence of a condensed phosphate as a mineral // *American Mineralogist*. 1988. V. 73. P. 168–173.

10. Yashunsky Yu. Новый и совершенно неожиданный минеральный состав псевдоморфоз по карбонатному органогенному детриту // Палеонтологический портал «Аммонит.ру» (<http://ammonit.ru/text/1763.htm>).

REFERENCES

1. *Canaphite* (<http://webmineral.ru/minerals/gallery.php?id=213388>).
2. Kudryashova V.I., Rozhdestvenskaya I.V. New minerals. XLI. *Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obschestva*. 1, 83–98 (1988) (in Russian).
3. Pustovalov L.V. Secondary changes in rocks and their geological significance. *Trudy Geologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR*. 5, 5–52 (Moscow: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 1956) (in Russian).
4. Pustovalov L.V. On secondary feldspars in sedimentary rocks (Review of the main literature). *Trudy Geologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR*. 5, 207–222 (Moscow: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 1956) (in Russian).
5. Feklichev V.G. Mineralogical diversity in Moscow Region. *Sredi mineralov (Almanac)*. P. 103–112 (Moscow, 1998) (in Russian).
6. Yashunsky Yu.V., Novikov A.I., Grishin S.V. Authigenic potassium feldspars in Carboniferous carbonates of the Moscow Region as possible indicators of specific conditions of sedimentation. *PALEOSTRAT-2017 (abstr.)*. P. 76 (Moscow: A.A. Borisyak Paleontological Institute RAS, 2017) (in Russian).
7. Peacor D.R., Dunn P.J., Simmons W.B., Wicks F.J. Canaphite, a New Sodium Calcium Phosphate Hydrate from Paterson Area, New Jersey. *Mineralogical Record*. 16 (6), 467–468 (1985).
8. Peacor D.R., Dunn P.J., Simmons W.B., Wicks F.J. Canaphite, a new sodium calcium phosphate hydrate from Paterson Area, New Jersey (abstr.) *American Mineralogist*. 71, 1543–1544 (1986).
9. Rouse R.C., Peacor D.R., Freed R.L. Pyrophosphate groups in the structure of canaphite $\text{CaNa}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: the first occurrence of a condensed phosphate as a mineral. *American Mineralogist*. 73, 168–173 (1988).
10. Yashunsky Yu.V. A new and completely unexpected mineral composition of pseudomorphs on carbonate organogenic detritus. *Paleontologicheskii portal «Ammonit.ru»* (<http://ammonit.ru/text/1763.htm>) (in Russian).