



К вопросу о переизучении минералогических образцов из музейных коллекций.

I. Общие аспекты

Касаткин А.В.

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, anatoly.kasatkin@gmail.com

Статья посвящена проблеме переизучения образцов минералов, хранящихся в музейных собраниях. Подробно рассматриваются два основных направления ревизии музейного материала. Одно из них заключается в переизучении оригиналов первого исследования минералов (type specimens), специально направленном на уточнение существенных характеристик недостаточно исследованных минеральных видов. Второе направление охватывает все остальные образцы, хранящиеся в музейных собраниях. Результатами их переизучения могут быть открытия новых минеральных видов или уточнение характеристик уже известных минералов, находки, в том числе первые, редких минералов на территории определенного региона и в любом случае повышение степени изученности или достоверности диагностики конкретного минерала. Значимость результатов таких исследований определяет актуальность работы по переизучению музейного материала и повышает ценность музейных коллекций.

Ключевые слова: переизучение, минералогический образец, минералогический музей, музейная коллекция, type specimen.

Введение

Статья предваряет серию публикаций о результатах, достигнутых автором и его коллегами в деле переизучения современными аналитическими методами образцов из систематической коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН (далее – ММФ). Написание настоящей серии статей автора вдохновило как неожиданно большое число находок в старых образцах редких минералов, не значащихся в музейных этикетках, так и статус этих находок: практически все они являются первыми для описываемых минеральных видов на территории Российской Федерации.

Прежде чем перейти к конкретным результатам переизучения музейных экспонатов ММФ, представляется существенным обсудить общие методологические аспекты этого вопроса применительно к любому музею, имеющему минералогическую коллекцию.

В последнее время многие методологические и методические проблемы музейного дела в области

минералогии освещались на страницах как настоящего журнала (Пеков, 2019а–г), так и других изданий (например, Пеков и др., 2015). Вместе с тем следует отметить, что в обобщенном виде проблема переизучения минералогических образцов из музейных коллекций не рассматривалась, хотя отдельные ее аспекты затрагивались в этих и ряде других работ.

Сама постановка проблемы может показаться тривиальной, ведь в необходимости и полезности переизучения музейных образцов больших сомнений вроде бы ни у кого не возникает. Например, в официальной Программе развития ММФ на 2019–2023 гг. систематическая научная ревизия огромных фондов (коллекции Музея насчитывают более 150 тысяч экспонатов) отнесена к числу главных задач (https://www.fmm.ru/images/b/be/1_120_форма_ПР.pdf). Однако на практике ее решение часто осложняется целым комплексом обстоятельств как объективного, так и субъективного характера, отодвигается на второй план другими, более «прио-

ритетными» делами. Автору хотелось бы подойти к этой задаче предметно. Основные цели данной статьи видятся в том, чтобы через детальное раскрытие особенностей предмета (какие именно образцы подлежат переизучению), побудительных мотивов процесса (зачем их надо переизучать) и, самое главное, достигаемых результатов показать, что проблема актуальна не абстрактно, а имеет вполне конкретную значимость, причем нередко в общеминералогическом масштабе. Представляется, что любой профильный музей, а особенно такой, где, как в ММФ, целенаправленно и активно собирается систематическая коллекция минералов, должен не просто включать ее в список важных направлений своей деятельности, но и всячески поощрять тех исследователей, в том числе со стороны, которые уделяют ей серьезное внимание.

Переизучение музейных образцов: терминологический аспект

Само слово «переизучение», возможно, несколько тяжеловато для уха лингвиста; тем не менее оно вполне прижилось в понятийно-категориальном аппарате целого ряда естественных наук, таких как палеонтология, зоология, ботаника, да и гуманитарных тоже – археологии и других. Оно употребляется для обозначения повторного изучения каких-либо образцов (материалов), по сути являясь дословным русскоязычным аналогом английских терминов *re-study*, *reexamination* и *revision*. Междисциплинарный статус этого понятия распространился и на минералогию. Так, поиск по известной минералогической базе данных RRUFF, развиваемой в Университете Аризоны, дает около 80 англоязычных публикаций, уже в самих названиях которых содержится *re-study*, *reexamination* или *revision* применительно к какому-либо минеральным видам, их структурам, группам минералов и т.д. (например: *Mazzi, Pabst, 1962; Machin, 1977; Roberts et al., 1989; Belotto et al., 1996; Dal Bo et al., 2017; Matsushita, 2018* и др.). В отечественной минералогии термин «переизучение» распространен не так широко, как в других науках о природе, и употребляется не столь часто, как его английский собрат, однако рядом исследователей он также взят на вооружение и успешно используется (например: Годовиков, 1997; Паутов и др., 2005; Карпенко, 2010; Лыкова, 2016). Как синонимичные «переизучению» следует в общем случае трактовать термины «ревизия» и «ревизионное исследование», которые также можно встретить в отечественной научной литературе применительно к минералам.

Переизучение минералов (в данном словосочетании мы для упрощения считаем слова «минерал» и «образец минерала» синонимами) не обязательно связано с музейным материалом. Очевидно, что переизучению может подлежать любой образец из любой коллекции. Тем не менее, учитывая общекультурную и общенаучную значимость музейных минералогических собраний, а также некоторый

опыт, накопленный автором в деле переизучения музейных образцов, нам представляется правильным именно их сделать предметом данной серии статей.

Внедрение в категориальный аппарат минералогии понятия «переизучение» однозначно требует более четкого его определения. Представляется, что этот термин может иметь как узкое, так и широкое толкование. Под переизучением музейного материала в узком смысле автор понимает повторное исследование образцов, в отношении которых уже имеются аналитические данные, как правило, опубликованные. Однако возможно трактовать это понятие и в более широком смысле, т.е. просто как изучение любого этикетированного, каталогизированного музейного материала. Другими словами, приступая к исследованию музейного образца какого-либо минерала, даже если нам неизвестно, исследовался ли он инструментальными методами ранее, мы начинаем его *переизучение*, так как в любом случае он уже был идентифицирован, пусть даже визуально, тем человеком, кто передал его в музей, или же музейным сотрудником при регистрации экспоната, ведь, как правило, об этом образце что-то написано в этикетке и каталоге. Таким образом, можно считать, что любой музейный экспонат уже хоть каким-то образом кем-то *первично изучался*.

Актуальность и основные направления переизучения музейных образцов

На актуальность переизучения минералогических образцов, хранящихся в музейных коллекциях, в той или иной степени обращали внимание предыдущие исследователи.

Так, В.И. Вернадский, говоря о коллекции метеоритов Академии наук СССР, указывал, что «она не может и не должна быть неприкосновенным музейным материалом, но должна служить одновременно и им и для будущего – орудием направленной исследовательской работы» (Вернадский, 1941).

А.А. Годовиков, бывший директором ММФ с 1983 по 1995 г., отмечал, что накопление минералов в государственных музеях создает своеобразный вещественный банк минералогических данных (знаний), доступных для повторных исследований, что актуально в связи с совершенствованием различных методов изучения вещества, и банк тем более ценный, что в нем собирается материал из постепенно обрабатываемых месторождений, научная ценность которого непрерывно возрастает (Годовиков, 1998).

В.И. Степанов, проводивший проверку диагностики минералов в собранной в значительной мере им самим коллекции ИМГРЭ (1297 минеральных видов) и переданной благодаря его усилиям в 1986 г. в ММФ, пришел к выводу, что существенная часть образцов неверно этикетирована. Неточности, по его мнению, были вызваны как дефектами

номенклатуры, так и ошибками в первичной идентификации. Он четко сформулировал, что тщательная проверка коллекций на современном уровне исследований – важная задача ближайшего будущего (Степанов и др., 1989).

И.В. Пеков в фундаментальной серии статей, освещающей различные вопросы музейного дела в области минералогии, отметил, что задача подготовки важных для развития минералогии материалов может быть оптимальным образом решена именно в музеях, в прямом контакте исследователей с большими представительными коллекциями (Пеков, 2019а). Степень изученности минералогического образца приводилась в качестве одной из важнейших характеристик, определяющих приобретенную значимость такого экспоната. При этом подчеркивалось, что помимо уже приобретенной значимости минералогические образцы имеют и *потенциальную* научную значимость в качестве возможных объектов для будущих исследований (Пеков, 2019б).

Таким образом, важность переизучения минералогических образцов из музейных коллекций несомненна и очевидна. Она обусловлена как объективным совершенствованием аппаратно-диагностического инструментария и, соответственно, расширением исследовательских возможностей в целом, так и общим уровнем развития минералогической науки, появлением новых критериев и правил для выделения минеральных видов, дальнейшей разработкой номенклатуры минералов и т.д.

Обобщение многочисленных научных публикаций, содержащих сведения о переизучении музейных минералогических образцов, а также определенного опыта, накопленного автором в этой области, позволяет выделить два основных направления, отличающихся друг от друга объектами переизучения.

Первое – это **переизучение *type specimens*** (далее – TS). Подробная расшифровка понятия *type specimens* в минералогии дана в целом ряде работ (Dunn, Mandarino, 1987; Pekov, 1998; Пеков, 2019б). К сожалению, приходится констатировать отсутствие у этого англоязычного термина одновременно короткого и корректного русскоязычного аналога. По мнению И.В. Пекова (перс. сообщ.), часто употребляемое в отечественной минералогической литературе выражение «типовой образец» нельзя признать удачным в силу того, что слово «типовой» в русском языке в целом синонимично слову «типичный», что в корне искажает смысл понятия TS.

К TS относятся не только голотипы и коти́пы, т.е. собственно оригиналы первого исследования минерального вида, но и образцы, на которых выполнены ревизионные работы, в результате которых изменился статус минерала или произошло его переопределение: неотипы, некротипы (Dunn, Mandarino, 1987). В контексте этой статьи под TS понимаются главным образом голотипы и коти́пы, хотя повторное изучение неотипов и некротипов также

иногда дает интересные результаты.

Выделение именно TS в качестве самостоятельных объектов переизучения представляется оправданным с точки зрения повышенной значимости его результата. Речь идет о том, что переизучение TS нередко приводит к изменению ключевых характеристик, а иногда и статуса самого минерального вида:

- его *переопределению* или *существенному уточнению* химического состава (химической формулы), кристаллической структуры и/или метрики элементарной ячейки (Пеков, 2019б);

- его *дискредитации* как самостоятельного минерального вида (в случае, если доказываемая идентичность исследуемого минерала ранее описанному виду или же показывается, что этот минерал на самом деле является механической смесью других известных минералов);

- его *реабилитации*, т.е. восстановлению утраченного ранее статуса минерального вида.

Второе направление – это **переизучение образцов минералов, не являющихся TS**. По сути дела, речь здесь идет обо всех остальных образцах, хранящихся в музейных собраниях. Значимость их переизучения также может быть высокой: не так уж редки случаи *открытия на музейных образцах новых минеральных видов* или *переопределения уже известных, первые находки редких минералов на территории крупной географической единицы* (страны, обширного региона). Однако самым типичным результатом переизучения музейного материала, пожалуй, является *повышение степени достоверности его диагностики* через подтверждение или, напротив, корректировку уже имеющейся диагностики. Ниже рассмотрим каждое из этих направлений подробнее.

Переизучение TS

Каковы причины, побуждающие исследователя переизучать TS? Прежде всего такого рода действия часто предпринимаются в отношении «старых» минералов, описанных лишь на уровне имевшихся на тот момент методических и приборных возможностей и соответственно рассматриваемых сегодня как недоизученные. Хорошо известно, например, что у ряда кристаллографов имеются списки «старых» минералов с нерешенной кристаллической структурой и переизучение таких минералов является одним из приоритетов их научной деятельности. В последние годы процесс ревизии таких минералов стал особенно продуктивным благодаря применению синхротронного излучения, монокристаллических дифрактометров последнего поколения и других современных приборов и методик. Так, переизучение с помощью монокристаллической рентгенографии и электронно-зондового анализа фрагмента голотипа виллизаленита из Музея естественной истории в Женеве позволило решить его кристаллическую структуру и показать, что это не просто промежуточный член ряда мигельмеронит–

сенфельдит, но самостоятельный минерал с упорядоченным распределением Mn и Ca по октаэдрическим позициям. Первоначальная химическая формула этого водного арсената из Сент-Мари-о-Мин (Франция), $H_2(Mn,Ca)_5(AsO_4)_4 \cdot 4H_2O$ (Sagr, 1984), была по результатам ревизионного исследования уточнена: $MnMn_2Ca_2(H_2O)_4(AsO_3OH)_2(AsO_4)_2$ (Kampf, 2009).

В другом примере с использованием дифрактометрии синхротронного излучения (на монокристалле), электронно-зондового анализа, ИК-, КР- и мессбауэровской спектроскопии был переизучен голотипный образец габриэльсонита из Музея естественной истории в Стокгольме. В результате этот гидроксилсодержащий Fe^{2+} -арсенат из Лонгбана с формулой $PbFe^{2+}(AsO_4)(OH)$ (Moore, 1967b) был переопределен как безводородный Fe^{3+} -арсенит состава $PbFe^{3+}(As^{3+}O_3)O$ (Perchiazzi et al., 2018). Между тем, по мнению Л.А. Паутова, к результатам этого переизучения имеются вопросы. Минерал, в частности, лишился гидроксильной группы, хотя в оригинальном описании в составе минерала было определено более 1 мас.% H_2O . Доказательство отсутствия ОН-группы в габриэльсоните базируется на результатах, полученных с использованием синхротронного излучения. Однако уверенности в том, что во время съемки под мощным синхротронным пучком минерал не изменился, и в частности не дегидратировался, нет. Данный пример показывает, что переизучение не всегда ставит точку в определении основных характеристик минерала и к ревизии результатов работы предыдущих исследователей необходимо подходить не только с известной деликатностью, но и методически корректно.

Переизучение TS может осуществляться исследователем в связи с целенаправленным выполнением конкретных задач по интересующей его тематике, например в отношении какой-то группы минералов, в том числе с целью совершенствования ее номенклатуры. Так, видный чешский специалист по минералогии урана Якуб Плашил на протяжении нескольких последних лет целенаправленно переизучил голотипы целого ряда «старых» урановых минералов, хранящиеся в Королевском музее Центральной Африки в г. Тервюрен (Бельгия): камитугаит (Plášil, 2017), скупит (Plášil, 2018a), шарпит (Plášil, 2018b), свамбоит-(Nd) (Plášil et al., 2018) и сайрит (Plášil, 2019). Результатом этой кропотливой работы стало решение кристаллических структур всех указанных минералов и уточнение их химических формул.

Несмотря на эти и другие удачные попытки решения кристаллических структур «старых» минералов через переизучение их TS, данная цель не всегда достижима из-за низкого («неструктурного») качества самих оригиналов первого исследования. В этих случаях переопределение минерального вида случается на образцах, которые И.В. Пеков (2019b) называет оригиналами принципиально значимого ревизионного исследования, в результате которого

впервые получены данные, приведшие к переопределению или существенному уточнению главных характеристик уже признанного минерального вида. Как правило, такими оригиналами ревизионного исследования становятся образцы из материала новых находок (причем как из места первой находки – *type locality* данного минерала, так иногда и из совершенно других объектов), существенно превосходящие TS по качеству, особенно если в них обнаруживаются позволяющие расшифровать структуру монокристаллы, которых не было в TS.

В некоторых случаях успех в переопределении минерала достигается одновременным переизучением TS и исследованием нового материала. Примером такого комбинированного подхода является недавняя работа, посвященная галургиту: авторами не только были переизучены его голотип из собрания ММФ и образец из коллекции В.И. Степанова, но и исследован новый керновый материал из скважин, пробуренных в середине 2010-х годов, где и обнаружился монокристалл «структурного» качества. В результате была впервые решена кристаллическая структура минерала и уточнена его химическая формула: $Mg_4[B_8O_{13}(OH)_2]_2 \cdot 7H_2O$ (Pečov et al., 2019). При таком комплексном изучении важно, что для TS и нового материала есть возможность получить при одинаковых условиях анализа близкие данные (например, порошкограмму и ИК-спектр, притом что монокристалльные данные получены только для нового образца), и именно это обеспечивает уверенность в том, что TS и материал из новой находки относятся к одному и тому же минералу.

Довольно частыми являются случаи, когда переизучение TS выявляет ошибки первых исследователей минерала в определении его химического состава. Такие случаи тоже ведут к переопределению минерального вида, а иногда и к его дискредитации.

Так, редкоземельный силикат таленит был впервые описан в Швеции на рубеже XIX и XX вв. (Benedicks, 1898, 1900). В 1970-е годы была решена его кристаллическая структура и предложена формула $Y_3Si_3O_{10}(OH)$ (Корнев и др., 1972), а сам минерал стал в соответствии с правилом Левинсона именоваться таленитом-(Y). Четверть века спустя на горе Плоская (Западные Кейвы, Колский п-ов) был найден и утверждён в качестве нового минерала его фтористый аналог с формулой $Y_3Si_3O_{10}F$, получивший название фторталенит-(Y) (Волошин и Пахомовский, 1997). Однако спустя еще почти два десятилетия переизучение голотипа таленита-(Y) из Музея естественной истории в Стокгольме, предпринятое чешско-шведским коллективом авторов, показало практически полное отсутствие ОН-групп в минерале и, напротив, его обогащенность фтором, т.е. выявило его идентичность фторталениту-(Y) с г. Плоская (Škoda et al., 2015). Следствием такого переизучения стало не только переопределение таленита-(Y), которым в силу приоритета во времени

открытия стал отныне именоваться минерал с формулой $Y_3Si_3O_{10}F$, но и, увы, уменьшение числа минеральных видов, впервые найденных на территории России: по правилам Комиссии по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНК ММА) фторталенит-(Y) был дискредитирован.

Похожий пример имеется и в практике автора этих строк и его коллег, но здесь необходимость переизучения TS одного из минералов возникла во многом благодаря просто стечению обстоятельств. При подготовке публикации по кобальтогордаиту, новому минералу из рудника Блю Лизард (Юта, США), утвержденному КНМНК ММА (Kasatkin et al., 2014), выяснилось, что по целому ряду характеристик (физические, в т.ч. оптические свойства, порошковая рентгенограмма) он очень похож на терезманьянит, описанный ранее из рудника Кап Гаронн (Вар, Франция) (Sarp, 1993). Вместе с тем у кобальтогордаита и терезманьянита принципиально различался химический состав, в первую очередь присутствием натрия в первом и отсутствием во втором, а также содержаниями OH, Cl, H_2O ; разной была и стехиометрия. При этом следует отметить, что терезманьянит изначально был изучен намного хуже, чем кобальтогордаит. Структура терезманьянита не была решена, а параметры гексагональной элементарной ячейки рассчитаны по порошковой и отличались от параметров ячейки кобальтогордаита удвоенным значением с. Учитывая изложенное, мы как авторы кобальтогордаита решили не торопиться с публикацией нового минерала, а сначала переизучить оригинал первого исследования терезманьянита, с тем чтобы понять их соотношение. Благодаря помощи коллег из Музея естественной истории Женевы нам удалось раздобыть несколько мелких фрагментов хранящегося там голотипа терезманьянита и исследовать их. К сожалению, качество переданного материала оказалось недостаточным для расшифровки кристаллической структуры, однако его электронно-зондовое исследование подтвердило наши предположения: в составе терезманьянита, очевидно, в силу наличия в нем существенного количества цинка и перекрытия аналитических линий ZnLa β и NaKa при электронно-зондовом анализе первооткрывателем Х. Сарпом (Sarp, 1993) был пропущен натрий. Дальнейшее сравнение двух минералов показало их полную идентичность. Терезманьянит как более ранний по времени описания минерал сохранил название по правилу приоритета, однако был переопределен, так как все его главные характеристики (кристаллическая структура, химическая формула $NaCo_4(SO_4)(OH)_6Cl \cdot 6H_2O$) были получены на образце из рудника Блю Лизард. Сам же этот образец, переданный ранее в ММФ в качестве голотипа кобальтогордаита, сменил свой статус, став негипом терезманьянита (Kasatkin et al., 2018). Кобальтогордаит в качестве самостоятельного минерала

был дискредитирован, причем еще до выхода в свет его полного описания.

Третьим, более редким, нежели переопределение и дискредитация, результатом переизучения TS является реабилитация, т.е. восстановление утраченного ранее статуса минерального вида. В качестве примера можно привести историю с сурхобитом, сложным титаносиликатом из массива Дара-и-Пиоз (Таджикистан). Изначально он был описан как Са-доминантный минерал, близкий к цзиньшацзяниту и перротиту, с формулой $(Ca,Na)(Ba,K)(Fe^{2+},Mn)_4Ti_2(Si_4O_{14})O_2(F,OH,O)_3$ (Еськова и др., 2003), тогда же была впервые расшифрована его структура (Розенберг и др., 2003). Позже Е. Соколова с соавторами, переизучив голотип сурхобита, хранящийся в ММФ, пришли к выводу о том, что в его составе Na доминирует над Са, а фтора меньше, чем в формуле, приведенной Е.М. Еськовой с соавторами (2003), следовательно, он идентичен цзиньшацзяниту. В результате в КНМНК ММА было подано и в октябре 2006 года Комиссией одобрено предложение о дискредитации сурхобита (подробнее в Sokolova, 2006; Sokolova et al., 2020). Однако через два года Р.К. Расцветаева с коллегами, повторно изучив голотипный материал, установили, что Са и Na в его структуре упорядочены, а в химическом составе помимо Fe^{2+} присутствует также и Fe^{3+} , причем Mn доминирует над каждым из них по отдельности. В результате подачи соответствующей заявки в КНМНК ММА статус сурхобита как самостоятельного минерального вида был восстановлен, а его формула записана как $(Ba,K)_2CaNa(Mn,Fe^{2+},Fe^{3+})_8Ti_4(Si_2O_7)_4O_4(F,OH,O)_6$ (Rastsvetaeva et al., 2008). В 2020 году вышла статья Е. Соколовой с коллегами, в которой на основании новых данных, полученных вследствие еще одного переизучения все того же голотипа, опровергается утверждение об упорядоченности Са и Na в структуре минерала и делается вывод о том, что сурхобит идентичен перротиту с формулой $NaBaMn_4Ti_2(Si_2O_7)_2O_2(OH)_2F$, а поскольку перротит открыт раньше, то сурхобит должен быть снова дискредитирован (Sokolova et al., 2020). Не исключено, что эта история будет иметь и дальнейшее продолжение.

Сама возможность будущего переизучения TS закреплена в действующих правилах КНМНК ММА (Nickel, Grice, 1998). Так, авторы нового минерала обязаны передать оригинал исследования (голотип, копип) как минимум в один крупный музей или признанную на национальном уровне минералогическую коллекцию. Если же образец предполагаемого нового минерала в ходе исследований израсходован целиком и нет возможности поместить даже какую-то малую его часть в музей в качестве TS, то новый минеральный вид не утверждается Комиссией. Это связано именно с тем, что оригинал исследования или хотя бы фрагмент TS обязательно должен быть доступен для возможного переизучения в будущем.

К сожалению, до принятия этих правил авторы были вольны распоряжаться TS по своему усмотрению, поэтому в отношении целого ряда «старых» плохо изученных минеральных видов информация о местах хранения оригиналов их первого исследования, а иногда и вообще любых образцов данных минералов попросту отсутствует. В качестве примеров из отечественной минералогической практики можно назвать молуранит, наследовит, пржевальскит, тундрит-(Nd), устарасит. Все они изучены в недостаточной степени. По сути, это минералы-призраки: формально они присутствуют в официальном списке минеральных видов КНМНК ММА (<http://cnmnc.main.jp>), однако переизучить (доизучить) их не удастся в силу отсутствия вещества. Соответственно, в отношении таких минералов на данный момент невозможны никакие формальные действия, связанные с изменением их статуса, поэтому важно не прекращать их поиск, в том числе в музейных и частных собраниях.

В других случаях информация о местах хранения TS – тех или иных музеев – имеется, однако искомым минеральным видам в них найти не удастся. Причины здесь могут быть разные: авторы не обеспечили передачу изученного ими оригинального материала, музейные сотрудники допустили его ненадежное оформление и хранение (например, TS не зарегистрированы должным образом, перепутаны образцы, этикетки) и т.п.

Так, при переизучении TS матулаита, Al-фосфата из рудника Бахман (Пенсильвания, США), выяснилось, что переданные авторами минерала (Moore, Ito, 1980) в качестве копий в Национальный музей естественной истории при Смитсоновском институте в Вашингтоне и Музей естественной истории в Лондоне образцы сложены совсем другими фосфатами: афмитом, кобокобитом и крандаллитом. Матулаита в них парадоксальным образом не оказалось. К счастью, в ряде образцов, хранящихся в Музее естественной истории округа Лос-Анджелес (США), минерал, соответствующий оригинальному описанию матулаита, нашелся, поэтому расшифровка кристаллической структуры и переопределение его химической формулы осуществлялись именно на них. Соответственно данные образцы получили статус неотилов матулаита, в то время как «копии» перестали быть таковыми (Kampf et al., 2012).

В похожей ситуации, однако с другим, к сожалению, итогом оказались исследователи обойерита, свинцового теллурида-теллурида из месторождения Томбстоун (Аризона, США), описанного как новый минерал С. Уильямсом (Williams, 1979). Ни голотип, переданный им в Музей естественной истории в

Лондоне, ни копия из Геологического музея университета Аризоны (США), как выяснилось, не содержат обойерита. Попытки найти минерал в так называемых авторских образцах, переданных С. Уильямсом в другие музеи, также окончились неудачей, поэтому обойерит был дискредитирован (Missen et al., 2019). Интересно отметить, что голотип обойерита из Музея естественной истории в Лондоне был «назначен» С. Уильямсом также голотипом для другого свинцового теллурида – фэйрбанкита (Williams, 1979). Поскольку наличие последнего подтвердилось, данный образец стал считаться некритическим (или, по выражению авторов работы по дискредитации, dead type) для обойерита, но при этом сохранил свой статус голотипа для фэйрбанкита.

В некоторых случаях невозможность переизучения TS связана с тем, что искомым минерал представлен очень мелким выделением и его отбор может привести к порче или даже полному уничтожению музейного экспоната. В этих ситуациях переизучение, очевидно, должно быть отложено до того времени, когда появятся методы, позволяющие получить необходимые результаты на столь малом образце.

Невозможность переизучения TS бывает связана с правилами конкретного музея, запрещающими выдачу оригиналов первого исследования и их фрагментов исследователям. Например, Я. Плашилу (перс. сообщ.) при подготовке монографии о минералах знаменитого чешского месторождения Яхимов было отказано в возможности переизучить голотип альбрехтштрауфита. Это очень огорчительно, поскольку описание этого уранового карбоната весьма неполное и, по мнению Я. Плашила, изобилует ошибками. Куратор Музея естественной истории в Вене, где хранится голотип, мотивировал свой отказ политикой музея, запрещающей делать какие-либо отборки от оригиналов первых исследований, притом что речь шла всего лишь о двух-трех зернах размером в несколько десятков микрон. Очевидно, что в случаях, когда отбор от TS не сопряжен с риском его существенного ухудшения или порчи, такую политику в принципе нельзя признать обоснованной, так как она прямо противоречит существующим правилам КНМНК ММА и тормозит развитие минералогической науки.

Иногда невозможность переизучения TS связана с их, увы, ненадежным хранением. Так, недавно описанный в качестве нового минерала кулигинит $\text{Fe}^{2+}\text{Mg}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ (Mikhailenko et al., 2018) оказался автору этих строк удивительно похожим на другой минерал – амакинит $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})(\text{OH})_2$ – практически по всем характеристикам, кроме химического состава (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика амакинита и кулигинита

Минерал	Амакинит	Кулигинит
Место находки	Кимберлитовая трубка Удачная, Якутия	Кимберлитовая трубка Удачная, Якутия
Минералы в ассоциации	Гипс, кальцит, серпופит (серпентин)	Гипс, айоваит, кальцит, галит, барит, целестин
Идеализированная формула	$\text{Fe}^{2+}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Mg}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$
Эмпирическая формула	$(\text{Fe}_{0.730}\text{Mg}_{0.224}\text{Mn}_{0.046})(\text{OH})_2$	$(\text{Fe}_{2.98}\text{Mn}_{0.02})(\text{Mg}_{0.91}\text{Mn}_{0.09})(\text{OH}_{5.95}\text{F}_{0.03}\text{Cl}_{0.02})\text{Cl}_2$
Физические свойства:		
Цвет	Бутыльно-зеленый	Зеленый
Блеск	Стекланный	Стекланный
Химические свойства	Быстро окисляется на открытом воздухе с образованием ржаво-бурых гидроксидов Fe^{3+}	Быстро окисляется на открытом воздухе, покрываясь ржаво-красным налетом
Плотность, г/см ³	2.98 (1)	3.001
Твердость по шкале Мооса	3½–4	3–3½
Сингония	Тригональная	Тригональная
a, Å	6.917	6.952(5)
c, Å	14.52	14.5740(11)
Сильные рефлекссы на порошковой рентгенограмме:	5.49(7)	5.569(54)
d, Å, (I %)	2.80(8)	2.831(35)
	2.30(10)	2.324(100)
	1.728(9)	1.739(36)
	1.530(8)	1.539(12)
Показатели преломления:		
Оптический знак	Одноосный +	Аномально двуосный +
α	1.707	1.709(3)
β		1.709(3)
γ	1.722	1.718
$2V_{\text{вм.}}, ^\circ$		10(5)
Ссылки	Козлов, Левшов, 1962; Свиридов, Яковлевская, 1973	Mikhailenko et al., 2018

Пересчет эмпирической формулы амакинита на 4 атома металлов на формульную единицу приводит к аналогичным кулигиниту соотношениям в катионной части: $(\text{Fe}_{2.92}\text{Mg}_{0.986}\text{Mn}_{0.184})$; что касается хлора, то он мог быть пропущен авторами первого описания амакинита, определявшими его состав методами мокрой химии (Козлов, Левшов, 1962). К сожалению, наши попытки переизучить голотип амакинита, хранящийся в ММФ, с тем чтобы выяснить его соотношение с кулигинитом, окончились неудачей. За десятилетия хранения минерал полностью разложился, его зеленые прозрачные кристаллы превратились в рентгеноаморфные ржаво-

бурые корочки и пленки гидроксидов Fe^{3+} . Исследователи, изучавшие амакинит, отмечали его склонность к быстрому окислению на открытом воздухе и последующему разрушению (Козлов, Левшов, 1962; Свиридов, Яковлевская, 1973), однако, к сожалению, ни они, ни музейные сотрудники не приняли никаких мер для обеспечения его сохранности в музейных коллекциях.

В этой связи, видимо, правомерно ставить вопрос об обязанности авторов новых минеральных видов не только передавать TS в музеи, но и делать это в виде, гарантирующем их надлежащую сохранность, например запаивать нестойкие мине-

ралы в стеклянные трубки или иным образом обеспечивать герметизацию образцов. Эту же ответственность с авторами должны, как представляется, разделить и квалифицированные музейные сотрудники, кураторы минералогических собраний, т.е. люди, которые по долгу службы должны знать, как правильно хранить образцы. Как известно, в прежние времена должность хранителя коллекций в естественно-научном музее прямо называлась «консерватор». Как бы ни называлась эта должность сегодня, ее суть остается неизменной: неуклонная забота об обеспечении сохранности экспонатов. В частности, вопрос герметизации нестойких минералов – это не только забота их авторов, но и важная задача музеев. К сожалению, крайне редко в них оборудовано стеклодувное место с возможностью откачки воздуха из стеклянных ампул и трубок или заполнения их инертным газом. Из известных автору положительных примеров решения этой проблемы – Музей естественной истории в Лозанне, в чьей систематической коллекции хранится немало количество нестойких образцов, надежно герметизированных в местной лаборатории.

В другом примере переизучение образцов № 69819 и 69820 из коллекции ММФ, записанных как татарскит $\text{Ca}_6\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4\text{Cl}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и переданных автором этого минерала В.В. Лобановой (1963), показало, что искомого минерала в них нет. Зато в них были обнаружен и описан новый минерал новгородоваит $\text{Ca}_2(\text{C}_2\text{O}_4)\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Чуканов и др., 2001). Рентгенограмма и оптические свойства татарскита и новгородоваита оказались практически идентичны. Однако в связи с невозможностью установить, являются ли переизученные образцы 69819 и 69820 оригиналами исследования татарскита, невозможно и однозначно ответить на вопрос, является ли столь существенная разница в составах двух минералов результатом ошибки автора татарскита или минерал с таким составом действительно был найден, а рентгенограмма и оптические свойства ошибочно определены на другой фазе. Таким образом, вопрос существования татарскита как минерального вида остается открытым.

При переизучении образца из коллекции ММФ № 81597, считавшегося TS коршуновскита и переданного его автором С.В. Малинко, выяснилось (Д.И. Белаковский и Н.В. Чуканов, персональные сообщения), что большая его часть является новым минералом дашковаитом $\text{Mg}(\text{HCOO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Чуканов и др., 2000), а коршуновскит присутствует лишь в виде малой примеси в последнем. Первое описание коршуновскита (Малинко и др., 1982) сделано на мономинеральном агрегате и, очевидно, относится к другому образцу. Что касается образца № 81597, то он перестал считаться TS коршуновскита и в настоящее время записан как голотип дашковаита. Впоследствии чистый коршуновскит был найден в совершенно другом образце из рабо-

чей коллекции С.В. Малинко, подтвержден порошковой рентгенограммой и электронно-зондовым анализом, а его ИК-спектр вошел как эталонный в справочник (Chukanov, 2014).

Эти примеры наглядно ставят вопрос об обязанности авторов сообщать, а музейных кураторов выяснять сведения о том, какие именно исследования были выполнены на передаваемых образцах и к какой категории TS они относятся. До введения действующих правил КНМНК ММА эта информация не указывалась, в результате чего зачастую передавались не те образцы, на которых данные исследования выполнялись, а аналогичные. Однако и после принятия правил в музейных каталогах и базах данных не всегда есть сведения о том, к какой категории TS относится образец первого исследования, т.е. является ли он голотипом, котипом или фрагментом одного из них.

Переизучение музейных образцов, не являющихся TS

Причины, побуждающие исследователей переизучать музейные образцы, не являющиеся TS, в целом те же. В идеале переизучению подлежат любые образцы, поступившие в музей с данными одной лишь визуальной диагностики сложных в этом отношении минералов, или же такие, которые были диагностированы инструментально, однако есть основания сомневаться в достаточности или достоверности такой идентификации. В некоторых случаях образцы попадают в музей с заведомо не определенными минералами. Например, в коллекции В.И. Степанова, переданной им в ММФ, есть целая серия образцов (т.н. «минералы X»), на этикетках к которым прямо указано, что они недоизучены и могут быть интересны для будущих исследователей (Белаковский и др., 2014; Пеков и др., 2015). Один из таких образцов, записанный В.И. Степановым как «новый минерал Cu-Al», впоследствии стал хайдарканитом. И хотя как новый минеральный вид хайдарканит изучался на других образцах (Чуканов и др., 1999), но именно В.И. Степанов нашел его первым (еще в 1960–80-е гг.), определил как потенциально новую фазу и отложил для дальнейшего переизучения.

Вот другой пример. В середине 2000-х гг. был переизучен прозрачный шлиф из рабочей коллекции Н.Н. Перцева, ранее переданной им в ММФ. В авторской этикетке к образцу содержалась пометка о необычных оптических свойствах одной из зафиксированных в нем минеральных фаз. В результате в указанном образце была не только установлен описанный ранее перцевит (Schreyer et al., 2003), но также найден его гидроксильный аналог, новый минерал, названный перцевитом-(ОН) (Galuskina et al., 2010). Соответственно, перцевит был переименован в перцевит-(F), а образец, на котором эти исследования были проделаны, стал голотипом перцевита-(ОН).

Как и в случае с TS, переизучение другого музейного материала может осуществляться исследователем в связи с целенаправленной разработкой определенной темы.

Как уже отмечалось, такое переизучение нередко приводит к очень интересным и значимым в общеминералогическом масштабе результатам. Так, на музейных образцах довольно регулярно открываются новые минералы. Начиная с середины XX века изучение современными методами музейного материала привело к большой серии таких открытий.

Например, будущий геренит был обнаружен в образцах, хранившихся в музее Ленинградского горного института (Нефёдов, 1961), а баритолампрофиллит – в образце из Музея геологии в Пекине (Peng, Chang, 1965). На старом материале из коллекций Музея естественной истории в Лондоне и Минералогического музея Высшей горной школы в Париже были открыты два новых минерала из Березовского золоторудного месторождения на Урале – эмбрейит (Williams, 1972) и касседаннеит (Cesbron et al., 1988). Упомянутый выше альбрехтштрауфит был обнаружен при переизучении образца шрекингерита из Музея естественной истории в Вене (Mereiter, 1984, 2013). Два новых минерала с Кольского полуострова – ферронордит-(Ce) и кальциомурманит – открыты в результате переизучения образцов из коллекции В.И. Степанова, хранящейся в ММФ (Пеков и др., 1998; Lykova et al., 2013, 2016). Отдельный необычный случай представляет собой открытие кальхацинта. Этот хлорсодержащий ацетат кальция был найден в виде бесцветных кристаллических выплетов на образцах известняка, хранившихся в дубовых шкафах Королевского музея естественной истории в Брюсселе. Он вырос за несколько лет в результате взаимодействия карбонатов с парами уксусной кислоты, выделяемыми древесной (Van Tassel, 1945). Случись такое открытие сегодня, КНМНК ММА, скорее всего, не признала бы этот ацетат минералом, сочтя его техногенным образованием.

Несомненным рекордсменом по числу новых минералов, описанных в результате переизучения музейного материала, является знаменитое месторождение Лонгбан в Швеции. Речь идет прежде всего об образцах «неопределенных минералов», собранных в конце XIX века известным шведским минералогом Густавом Флинком и оказавшихся впоследствии в различных музеях мира. Еще в 1930-х гг. переизучение одного из образцов Г. Флинка, переданного в Минералогический и геологический музей Гарвардского университета (Массачусетс, США), привело к открытию аминовита (Hurlbut, 1937). Ревизия полтора сотен образцов, этикетированных как пинакиолит, из Музея естественной истории в Стокгольме позволила обнаружить в двенадцати из них его ромбический диморф, названный ортопинакиолитом (Randmets, 1960). Внедрение в начале 1960-х годов в широкую минералогическую

практику электронно-зондового метода способствовало дальнейшему успешному переизучению каменного наследия Г. Флинка (Moore et al., 1971; Бонштедт-Куллестская, Арбузова, 1974). Именно в результате этого 1960–1990-е годы ознаменовались резким ростом количества новых минеральных видов из Лонгбана. На материале Г. Флинка из коллекций музея Стокгольма были открыты велинит (Moore, 1967a,c), вельцит (Moore, 1978), викманит (Moore, 1967a; Moore, Smith, 1967), габриэльсонит (Moore, 1967a,b), джосмитит (Moore, 1967a, 1968b), джулголдит-(Fe²⁺) (Moore, 1967a, 1971b), ортоэриксонит (Moore, 1971a), парвелит (Moore, 1967a, 1968c), стенхугтарит (Moore, 1967a, 1970), филолитит (Kampf et al., 1998), хиттштейт (Grew et al., 1996), эвцит (Moore, 1967a, 1968a) и эриксонит (Moore, 1967a, 1971a). Переизучение образцов Г. Флинка, хранившихся в Национальном музее естественной истории при Смитсоновском институте в Вашингтоне, привело к открытию полмурита (Dunn et al., 1979), роуэнта (Dunn et al., 1986), сундиусита (Dunn, Rouse, 1980) и такеучиита (Bovin, O'Keeffe, 1980).

В XXI веке процесс обнаружения новых минералов вследствие переизучения образцов из музейных коллекций не прекращается. Из наиболее свежих примеров отметим находку в старом материале из коллекции ММФ нового члена группы везувиана – магнезиовезувиана (Panikorovskii et al., 2017) и комплексное исследование известного и ранее, но не имевшего до 2019 года статуса самостоятельного минерала низкокальциевого (без видообразующего Ca) члена группы родонита, получившего в результате этого переизучения такой статус и название виттинкиит (Shchipalkina et al., 2019a,b); более того, изучение виттинкиита сподвигло его авторов на разработку номенклатуры группы родонита (Shchipalkina et al., 2019b).

Признавая важнейшую роль музеев всего мира в обеспечении сохранности старых образцов и их доступности для повторных исследований, итальянские ученые назвали один из новых минералов музеумитом. Символично, что его находка также стала результатом переизучения старинного музейного образца, а именно нагиагита из места первой находки, месторождения Сэкэрымб, в прошлом Надьяг, или в традиционной русской транскрипции Нагиаг, в Румынии, поступившего в Музей естественной истории Университета Флоренции в 1890 году (Bindi, Cipriani, 2004).

В последние годы музейный материал все чаще служит для ревизионных исследований уже известных минералов, получения новых данных о них. Переизучение образцов гийменита из коллекции ММФ привело к уточнению его кристаллической структуры и химической формулы (Gurzhii et al., 2019). На образцах из музеев естественной истории Вены и Базеля была проделана работа, приведшая к уточнению кристаллохимической формулы ратита из

знаменитого месторождения Ленгенбах (Швейцария) и определению роли таллия в ней (Тора, Kolitsch, 2018). В образце ванадинита из Березовского золоторудного месторождения, поступившего в ММФ в 1912 г. и записанного под номером 24230, был второй раз обнаружен упоминавшийся выше касседаннит. До этой находки единственным достоверно известным образцом этого редчайшего минерала оставался голотип, хранящийся в Минералогическом музее Высшей горной школы в Париже. В результате не только пополнился каталог минеральных видов ММФ, но и были получены новые данные о родстве этого минерала с эмбрейнитом и существовании между ними серии твердых растворов (Ханин, Пеков, 2016; Ханин, 2017). На образцах из ММФ и Музея геологии и минералогии им. И.В. Белькова Геологического института Кольского научного центра РАН (Апатиты) были получены важные сведения о кристаллохимии и генезисе беталоносовита (Лукова et al., 2018). И это далеко не полный перечень недавних таких примеров.

Весьма значимыми представляются находки в музейных образцах минералов, ранее не встречавшихся на территории той или иной крупной географической единицы (страны, большого региона). Опубликование надежных данных о таких находках важно для пополнения национальных и региональных минеральных кадастров, расширения минеральных кадастров знаменитых месторождений, обновления имеющихся информационных баз данных по минералам. Автором и его коллегами (Касаткин и др., 2014; Касаткин, 2019; Касаткин, Шкода, 2019) уже делались сообщения о первых достоверных находках на территории Российской Федерации таких минералов, как ателестит, балканит, бутлерит, киркиит, мохит, юанцзянит. Все они состоялись в результате переизучения образцов из систематической коллекции ММФ. В дальнейших статьях данной серии мы планируем продолжить характеристику таких находок, тем более что в ряде случаев удается получить и принципиально новые данные для описываемого минерального вида в целом, в первую очередь в части его химического состава.

Во времена СССР переизучение музейного материала позволило обнаружить ряд ранее неизвестных месторождений полезных ископаемых. Наиболее примечателен пример с обнаружением Н.А. Смольяниновым шеелита в музейных образцах из Чорух-Дайрона (Гаджикистан), что напрямую привело к открытию нового шеелитового месторождения, ставшего важным источником вольфрама

во время Великой Отечественной войны и в послевоенные годы (Годовиков, 1998). В настоящее время данный аспект переизучения по-прежнему остается актуальным для некоторых видов полезных ископаемых.

Наиболее типичным результатом переизучения музейного материала является общее повышение уровня достоверности диагностики экспонатов. Особенно это актуально в случае редких минеральных видов, для которых известно не так много описаний и аналитических данных. Здесь весьма важно отметить, что для большого числа минералов диагностика визуальная или с помощью простых тестов не является убедительной, а зачастую и вовсе невозможна (Пеков, 2019б). В процитированной статье разработана детальная классификационная схема, выстраивающая минералогические образцы по ранжиру (группам, состоящим из категорий) в зависимости от степени их изученности и достоверности их диагностики. Очевидно, что квалифицированное переизучение музейных образцов с применением современных инструментальных методов неизбежно переводит образец из более низкой категории и группы в более высокую. Например, с помощью оптических или рентгенографических данных конкретный образец диагностируется со 100%-й точностью как амфибол (группа IV, категория 24). Переизучение электронно-зондовым методом переводит его в группу III, категорию 21 (диагностика до минерального вида). Дополнительный анализ того же образца, например с помощью мессбауэровской спектроскопии, повысит уровень его изученности до группы II, категории 15, а публикация полных результатов такого переизучения переводит его в категорию 14. Таким образом, через повышение степени изученности и достоверности диагностики отдельных образцов возрастает собственная научная и общекультурная значимость всего минералогического собрания, а в конечном итоге и самого музея, что является еще одним доказательством важности работы по переизучению музейного материала и необходимости ее продолжения.

Благодарности

Автор искренне признателен И.В. Пекову, А.А. Паутову, Н.В. Чуканову, Д.И. Белаковскому и П.Ю. Плечову за обсуждение, неизменно ценные замечания и редакторскую правку статьи.

Список литературы

- Белаковский Д.И., Никифоров А.Б., Абрамов Д.В. Минералогическое собрание Виктора Ивановича Степанова (1924–1988): музейное, научное и общественное значение // Новые данные о минералах. 2014. В. 49. С. 113–127.
- Бонштедт-Куплетская Э.М., Арбузова О.А. Новые минералы (1954–1972). М.: Наука, 1974. 99 с.
- Вернадский В.И. Несколько соображений о проблемах метеоритики // Метеоритика. Вып. 1. 1941. С. 3–22.
- Волошин А.В., Пахомовский Я.А. Фтораленит-(Y) – новый минерал из рандпейматитов Кольского полуострова // Доклады Академии наук. 1997. Т. 354. №1. С. 77–78.
- Годовиков А.А. Краткий очерк по истории минералогии. М. 1997. 162 с.
- Еськова Е.М., Дусматов В.Д., Расцветаева Р.К., Чукианов Н.В., Воронков А.А. Сурхобит $(Ca,Na)[Ba,K](Fe^{2+},Mn)_4Ti_2(Si_4O_{14})O_2(F,OH,O)_3$ – новый минерал (Алайский хребет, Таджикистан) // Записки РМО. 2003. Ч. 132. В. 2. С. 60–67.
- Карпенко В.Ю. Ванадиевая минерализация, связанная с углеродисто-кремнистыми сланцами Южной Ферганы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва. 2010. 207 с.
- Касаткин А.В., Клопотов К.И., Плашил Я. Гипергенные минералы Шерловой горы // Минералогический Альманах. 2014. Т. 19. В. 2. С. 94–137.
- Касаткин А.В. Новые находки редких минералов на территориях постсоветских государств // Минералогический Альманах. 2019. Т. 24. В. 2. С. 4–47.
- Касаткин А.В., Шкода Р. Находка киркиита на Березовском золоторудном месторождении (Средний Урал) // Новые данные о минералах. 2019. Т. 53. В. 3. С. 80–85.
- Козлов И.Т., Левшиев П.П. Амакинит – новый минерал из группы пирохронита-брусита // Записки ВМО. 1962. Ч. 91. В. 1. С. 72–77.
- Корнев А.В., Баталиева Н.Г., Максимов Б.А., Илюхин В.В., Белов Н.В. Кристаллическая структура таленита $Y_3[Si_3O_{10}](OH)$ // Доклады Академии наук СССР. 1972. Т. 202. № 6. С. 1324–1327.
- Лобанова В.В. Новый минерал татарскит // Записки Всесоюзного минералогического общества. 1963. Ч. 92(6). С. 697–702.
- Лькова И.С. Минералы группы эпистолита: посткристаллизационные преобразования и их кристаллохимические механизмы (природные системы и модельные эксперименты). Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва. 2016. 235 с.
- Малинко С.В., Лищын А.Е., Пурусова С.П., Фицес Б.П., Хрулева Т.А. Коршуновскит $Mg_2Cl(OH)_3 \cdot nH_2O$ – новый водный хлорид магния // Записки Всероссийского минералогического общества. 1982. Ч. 111(3). С. 324–329.
- Нефёдов Е.И. Геренит – новый минерал // Материалы Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ) Министерства геологии и охраны недр СССР. 1961. Вып. 45. С. 113–115.
- Паутов Л.А., Бекенова Г.К., Карпенко В.Ю., Асаханов А.А. Чухровит-(Nd) $Ca_3(Nd,Y)Al_2(SO_4)F_{13} \cdot 12H_2O$ – новый минерал // Новые данные о минералах. 2005. В. 40. С. 5–10.
- Пеков И.В. В развитие некоторых вопросов музейного дела в области минералогии. I. О специфике минералогических коллекций // Новые данные о минералах. 2019а. Т. 53. В. 1. С. 1–5.
- Пеков И.В. В развитие некоторых вопросов музейного дела в области минералогии. II. О разных аспектах значимости минералогического образца // Новые данные о минералах. 2019б. Т. 53. В. 1. С. 6–15.
- Пеков И.В. В развитие некоторых вопросов музейного дела в области минералогии. III. О понятии «находка минерала» в широком смысле и его характеристиках // Новые данные о минералах. 2019в. Т. 53. В. 1. С. 16–22.
- Пеков И.В. В развитие некоторых вопросов музейного дела в области минералогии. IV. Об экстраординарных минералогических объектах и их значимости // Новые данные о минералах. 2019г. Т. 53. В. 3. С. 71–79.
- Пеков И.В., Лькова И.С., Никифоров А.Б. Коллекция Виктора Ивановича Степанова и ее значение // Минералогический Альманах. 2015. Т. 20. В. 2. С. 12–45.
- Пеков И.В., Чукианов Н.В., Кононкова Н.Н., Белаковский Д.И., Пушаровский Д.Ю., Виноградова С.А. Ферронордит-(Ce) $Na_3SrCeFeSi_6O_{17}$ и манганонордит-(Ce) $Na_3SrCeMnSi_6O_{17}$ – новые минералы из Ловозерского массива, Кольский полуостров // Записки ВМО. 1998. Ч. 127. № 1. С. 48–57.
- Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Верин И.А. Кристаллическая структура сурхобита – нового представителя семейства титаносиликатных слюд // Кристаллография. 2003. Т. 48. № 3. С. 428–433.
- Свиридов В.Ф., Яковлевская Т.А. Новые данные об амакините из кимберлитовой трубки «Удачная» // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. 1973. №10. С. 144–147.
- Степанов В.И., Попова Е.Е., Девчина Н.Н. Дополнение к перечню минеральных видов, хранящихся в крупнейших минералогических музеях СССР // Старейшие минералогические музеи СССР. М.: Наука, 1989. С. 227–233.
- Ханин Д.А. Хроматная минерализация в зоне гипергенеза месторождений Урала. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва. 2017. 755 с.

- Ханин Д.А., Пеков И.В. Новые данные о касседанните // Международная конференция, посвященная 300-летию Минералогического музея имени А.Е. Ферсмана РАН. Москва. 2016. С. 190–191.
- Чуканов Н.В., Карпенко В.Ю., Расцветаева Р.К., Задов А.Е., Кузьмина О.В. Хайдарканит $\text{Cu}_4\text{Al}_3(\text{OH})_{14}\text{F}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – новый минерал Хайдарканского месторождения (Кыргызстан) // Записки Всероссийского минералогического общества. 1999. Ч. 128(3). С. 58–63.
- Чуканов Н.В., Белаковский Д.И., Малинко С.В., Оранова Н.И. Дашковаит $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – новый минерал класса формиатов // Записки Всероссийского минералогического общества. 2000. Ч. 129(6). С. 49–53.
- Чуканов Н.В., Белаковский Д.И., Расцветаева Р.К., Каримова О.В., Задов А.Е. Новгородоваит $\text{Ca}_2(\text{C}_2\text{O}_4)\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – новый минерал // Записки Всероссийского минералогического общества. 2001. Ч.130(4). С. 32–35.
- Belotto M., Rebours B., Clause O., Lynch J., Bazin D., Elkaim E. A reexamination of hydrotalcite crystal chemistry // Journal of Physical Chemistry. 1996. Vol. 100. P. 8527–8534.
- Benedicks C. Thalénit, från Österby i Dalarna // Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. 1898. Vol. 20. P. 308–312.
- Benedicks C. Thalénit, ein neues Mineral aus Österby in Dalekarlien // Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala. 1900. Vol. IV. P. 1–15.
- Bindi L., Cipriani C. Museumite, $\text{Pb}_5\text{AuSbTe}_2\text{S}_{12}$, a new mineral from the gold-telluride deposit of Sacarimb, Metaliferi Mountains, western Romania // European Journal of Mineralogy. 2004. Vol. 16. P. 835–838.
- Bovin J.O., O'Keeffe M. Takéuchiite, a new oxyborate mineral from Långban, Sweden // American Mineralogist. 1980. Vol. 65. P. 1130–1133.
- Cesbron F., Giraud R., Pillard F., Poullen J.F. La cassedannéite, nouveau chromo-vanadate de plomb de Beresovsk (Oural) // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. 1988. Série II 306. P. 125–127.
- Chukanov N.V. Infrared Spectra of Mineral Species: Extended Library. Springer-Verlag GmbH, Dordrecht, 2014. 1716 p.
- Dal Bo F., Hatert F., Philippo S. New crystallographic data and formula revision of phuralumite, $\text{Al}_2[(\text{UO}_2)_3(\text{PO}_4)_2\text{O}(\text{OH})](\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_9$ // Journal of Geosciences. 2017. Vol. 62. P. 87–95.
- Dunn P.J., Mandarino J.A. Formal definitions of type mineral specimens // The Canadian Mineralogist. 1987. Vol. 25. P. 571–572.
- Dunn P.J., Peacor D.R., Stuman B.D. Paulmooreite, a new lead arsenite mineral from Långban, Sweden // American Mineralogist. 1979. Vol. 64. P. 352–354.
- Dunn P.J., Peacor D.R., Stuman B.D., Wicks F.J. Rouseite, a new lead manganese arsenite from Långban, Sweden // American Mineralogist. 1986. Vol. 71. P. 1034–1036.
- Dunn P.J., Rouse R.C. Sundiusite, a new lead sulfate oxychloride from Långban, Sweden // American Mineralogist. 1980. Vol. 65. P. 506–508.
- Galuskina I.O., Ottolini L., Kadiyski M., Ambruster T., Galuskin E.V., Dzierzanowski P., Winiarski A. Pertsevit-(OH), a new mineral in the pertsevit series, $\text{Mg}_2(\text{BO}_3)_{1-x}(\text{SiO}_4)_x(\text{F},\text{OH})_{1-x}$ ($x < 0.5$), from the Snezhnoye deposit in Sakha-Yakutia Republic, Russia // American Mineralogist. 2010. Vol. 95. P. 953–958.
- Grew E.S., Peacor D.R., Rouse R.C., Yates M.C., Su S.-C., Marquez N. Hyttsjöite, a new, complex layered plumbosilicate with unique tetrahedral sheets from Långban, Sweden // American Mineralogist. 1996. Vol. 81. P. 743–753.
- Garzhii V.V., Kuporev IV., Kovnugin V.M., Murashko M.N., Kasatkin A.V., Plášil J. Crystal chemistry and structural complexity of natural and synthetic uranyl selenites // Crystals. 2019. Vol. 9. Paper 639.
- Hurlbut C.S. Aminoffite, a new mineral from Långban // Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. 1937. Vol. 59. P. 290–292.
- Kampf A.R. Miguelromeroite, the Mn analogue of sainfeldite, and redefinition of villyaellenite as an ordered intermediate in the sainfeldite-miguelromeroite series // American Mineralogist. 2009. Vol. 94. P. 1535–1540.
- Kampf A.R., Mills S.J., Rumsey M.S., Spratt J. and Favreau G. The crystal structure determination and redefinition of matulaite, $\text{Fe}^{3+}\text{Al}_7(\text{PO}_4)_4(\text{PO}_3\text{OH})_2(\text{OH})_8(\text{H}_2\text{O})_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ // Mineralogical Magazine. 2012. Vol. 76. P. 517–534.
- Kampf A.R., Moore P.B., Jonsson E.J., Suihart G.H. Philolithite a new mineral from Långban, Värmland, Sweden // The Mineralogical Record. 1998. Vol. 29. P. 201–206.
- Kasatkin A.V., Plášil J., Belakovskiy D.I., and Marty J. Cobaltogordaite, IMA 2014-043. CNMNC Newsletter №22, October 2014 // Mineralogical Magazine. 2014. Vol. 78. P. 1241–1248.
- Kasatkin A.V., Plášil J., Škoda R., Belakovskiy D.I., Marty J., Meisser N., Pekov IV. Redefinition of thêrêsemaganite, $\text{NaCo}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: new data and relationship to 'cobaltogordaite' // Mineralogical Magazine. 2018. Vol. 82(1). P. 159–170.
- Lykova I.S., Chukanov N.V., Pekov IV., Yapaskurt V.O., Gïester G. Betalomonosovite: chemical and structural variability and genesis // European Journal of Mineralogy. 2018. Vol. 30. P. 289–304.
- Lykova I.S., Pekov IV., Varlamov D.A., Krzhizhanovskaya M.G. Layered titan- and niobosilicates in the V.I. Stepanov collection (Fersman Mineralogical Museum, Moscow) // VII International symposium «Mineral Diversity: Research and Preservation». Sofia. 2013. P. 25.
- Lykova I.S., Pekov IV., Chukanov N.V., Belakovskiy D.I., Yapaskurt V.O., Zubkova N.V., Bravin S.N.,

- Gjester G. Calciomurmanite, $(\text{Na}_4\text{Ca})_2\text{Ca}(\text{Ti}, \text{Mg}, \text{Nb})_4[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_2(\text{OH}, \text{O})_2(\text{H}_2\text{O})_4$, a new mineral from the Lovozero and Khibiny alkaline complexes, Kola Peninsula, Russia // *European Journal of Mineralogy*. 2016. Vol. 28. P. 835–845.
- Machin M.P. Fersmanite, $(\text{Ca}, \text{Na})_4(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{Si}_2\text{O}_{11}(\text{F}, \text{OH})_2$: a restudy // *The Canadian Mineralogist*. 1977. Vol. 15. P. 87–91.
- Matsushita Y. Reexamination of the crystal structure of semseyite, $\text{Pb}_9\text{Sb}_8\text{S}_{21}$ // *Zeitschrift für Mineralogie*. 2018. Vol. 233. P. 279–284.
- Mazzi F., Pabst A. Reexamination of cuprorivaite // *American Mineralogist*. 1962. Vol. 47. P. 409–410.
- Mereiter K. The crystal structure of albrechtschraufite, $\text{MgCa}_4\text{F}_2[(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3]_2 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ // *Acta Crystallographica*. 1984. A40. C247.
- Mereiter K. Description and crystal structure of albrechtschraufite, $\text{MgCa}_4\text{F}_2[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]_2 \cdot 17\text{--}18\text{H}_2\text{O}$ // *Mineralogy and Petrology*. 2013. Vol. 107. P. 179–188.
- Mikhailenko D.S., Korsakov A.V., Rashchenko S.V., Seryotkin Y.V., Belakovskiy D.I., Golovin A.V. Kuliginite, a new hydroxylchloride mineral from the Udachnaya kimberlite pipe, Yakutia: Implications for low-temperature hydrothermal alteration of the kimberlites // *American Mineralogist*. 2018. Vol. 103. P. 1435–1444.
- Missen O.P., Rumsey M.S., Kampf A.R., Mills S.J., Back M.E., Spratt J. The discreditation of oboyerite and a note on the crystal structure of plumbotellurite // *Mineralogical Magazine*. 2019. Vol. 83. P. 791–797.
- Moore P.B. Eleven new minerals from Långban, Sweden // *The Canadian Mineralogist*. 1967a. Vol. 9. P. 301.
- Moore P.B. Gabrielsonite, $\text{PbFe}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$, a new member of the descloizite-pyrobolomite group, from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1967b. Vol. 4. P. 401–405.
- Moore P.B. Welinite, a new mineral from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1967c. Vol. 4. P. 407–411.
- Moore P.B. Eveite, $\text{Mn}_2(\text{OH})(\text{AsO}_4)$, a new mineral from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1968a. Vol. 4. P. 473–476.
- Moore P.B. Joesmithite, a new amphibole-like mineral from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1968b. Vol. 4. P. 487–492.
- Moore P.B. Parwelite, $(\text{Mn}, \text{Mg})_5\text{Sb}(\text{Si}, \text{As})_2\text{O}_{10-11}$, a new mineral from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1968c. Vol. 4. P. 467–472.
- Moore P.B. Stenhuggerite, a new mineral from Långban and new data on magnussonite // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1970. Vol. 5. P. 55–61.
- Moore P.B. Ericssonite and orthoericssonite, two new members of the lamprophyllite group, from Långban, Sweden // *Lithos*. 1971a. Vol. 4. P. 137–145.
- Moore P.B. Julgoldite, the Fe^{2+} – Fe^{3+} dominant pumpellyite, a new mineral from Långban, Sweden // *Lithos*. 1971b. Vol. 4. P. 93–99.
- Moore P.B. Welshite, $\text{Ca}_2\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}\text{Sb}^{5+}\text{O}_2[\text{Si}_4\text{Be}_2\text{O}_{18}]$, a new member of the aenigmatite group // *Mineralogical Magazine*. 1978. Vol. 42. P. 129–132.
- Moore P.B., Ito J. Jungit und matulait: Zwei neue taflige phosphat-mineralien // *Aufschluss*. 1980. Vol. 31. P. 55–61.
- Moore P.B., Smith J.V. Wickmanite, $\text{Mn}^{2+}[\text{Sn}^{4+}(\text{OH})_6]$, a new mineral from Långban // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1967. Vol. 4. P. 395–399.
- Moore P.B., Wickman F.E., Blix R., Gabrielson O., Gillberg M.E., Paruel A. The Flink collection of unknown Långban minerals: A progress report // *Geologiska Föreningens IStockholm Förhandlingar*. 1971. Vol. 93. No 2. P. 289–301.
- Nickel E.H., Grice J.D. The IMA Commission on New Minerals and Mineral Names: procedures and guidelines on mineral nomenclature, 1998 // *The Canadian Mineralogist*. 1998. Vol. 36. P. 913–926.
- Panikorovskii T.L., Shilovskikh V.V., Avdontseva E.Y., Zolotarev A.A., Karpenko V.Y., Mazur A.S., Yakovenchuk V.N., Bazai A.V., Krivovichev S.V., Pekov I.V. Magnesiovesuvianite, $\text{Ca}_{19}\text{Mg}(\text{Al}, \text{Mg})_{12}\text{Si}_{18}\text{O}_{69}(\text{OH})_9$, a new vesuvianite-group mineral // *Journal of Geosciences*. 2017. Vol. 62. P. 25–36.
- Pekov I.V. Minerals First Discovered on the Territory of the former Soviet Union. Moscow. Ocean Pictures Ltd. 1998. 369 p.
- Pekov I.V., Zubkova N.V., Ksenofontov D.A., Chukanov N.V., Korotchenkova O.V., Chaikovskiy I.I., Yapaskurt V.O., Britvin S.N., Pushcharovskiy D.Yu. Crystal chemistry of halurgite, $\text{Mg}_4\text{B}_8\text{O}_{13}(\text{OH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, a microporous heterophylloborate mineral // *Mineralogical Magazine*. 2019. Vol. 83. P. 723–732.
- Peng T.C., Chang C.H. New varieties of lamprophyllite-barytolamprophyllite and orthorhombic lamprophyllite // *Scientia Sinica*. 1965. Vol. 14. P. 1827–1840.
- Perchiazzi N., Hälenius U., Vignola P., Demetri N. Gabrielsonite revisited: crystal-structure determination and redefinition of chemical formula // *European Journal of Mineralogy*. 2018. Vol. 30. P. 1173–1180.
- Plášil J. A novel sheet topology in the structure of kamitugaite, $\text{PbAl}[(\text{UO}_2)_5(\text{PO}_4)_{2.38}(\text{AsO}_4)_{0.62}\text{O}_2(\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_{11.5}$ // *Journal of Geosciences*. 2017. Vol. 62. P. 253–260.
- Plášil J., Petříček V., Looock A.J., Škoda R., Burns P.C. The (3+3) commensurately modulated structure of the uranyl silicate mineral swamboite-(Nd), $\text{Nd}_{0.333}[(\text{UO}_2)(\text{SiO}_3\text{OH})](\text{H}_2\text{O})_{2.41}$ // *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*. 2018. Vol. 233. P. 223–231.
- Plášil J. The crystal structure of uranyl-oxide mineral schoepite, $[(\text{UO}_2)_4\text{O}(\text{OH})_6](\text{H}_2\text{O})_6$, revisited // *Journal of Geosciences*. 2018a. Vol. 63. P. 65–73.
- Plášil J. A unique structure of uranyl-carbonate mineral sharpite: a derivative of the rutherfordine topology // *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*. 2018b. Vol. 233. P. 579–586.
- Plášil J. Hydrogen bonding in lead uranyl oxide mineral sayrite // *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*. 2019. Vol. 234. P. 733–738.

- Randmets R.* Orthopinakiolite, a new modification of $Mg_3Mn^{2+}Mn^{3+}_2B_2O_{10}$ from Långban, Sweden // *Arkiv för Mineralogi och Geologi*. 1960. Vol. 2. P. 551–555.
- Rastsvetavaeva R.K., Eskova E.M., Dumatov V.D., Chukanov N.V., Schneider F.* Surkhobite: revalidation and redefinition with the new formula, $(Ba,K)_2CaNa(Mn,Fe^{2+},Fe^{3+})_8Ti_4(Si_2O_7)_4O_4(F,OH,O)_6$ // *European Journal of Mineralogy*. 2008. Vol. 20. P. 289–295.
- Roberts A.C., Bonardi M., Grice J.D., Ercit T.S., Pinch W.W.* A restudy of magnolite, $Hg^{1+}_2Te^{4+}O_3$, from Colorado // *The Canadian Mineralogist*. 1989. Vol. 27. P. 129–131.
- Sarp H.* Villyaellenite, $H_2(Mn,Ca)_5(AsO_4)_4 \cdot 4H_2O$ un nouveau minéral de Saint-Marie aux Mines (France) // *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*. 1984. Vol. 64. P. 323–328.
- Sarp H.* Guarinoite $(ZnCoNi)_6(SO_4)(OH,Cl)_{10} \cdot 5H_2O$ et thérèsemagnanite $(CoZnNi)_6(SO_4)(OH,Cl)_{10} \cdot 8H_2O$, deux nouveaux minéraux de la mine de Cap Garonne, Var, France // *Archives des Sciences*. Genève. 1993. Vol. 46(1). P. 37–44.
- Schreyer W., Ambruster T., Bernhardt H.J., Medenbach O.* Pertsevite, a new silicatian magnesioborate mineral with an end-member composition Mg_2BO_3F , in kotoite marble from east of Verkhojansk, Sakha-Yakutia, Russia // *European Journal of Mineralogy*. 2003. Vol. 15. P. 1007–1018.
- Shchipalkina N.V., Pekov IV., Chukanov N.V., Zubkova N.V., Belakovskiy D.I., Britvin S.N. and Koshlyakova N.N.* Vittinkiite, IMA 2017–082a. CNMNC Newsletter No. 51 // *European Journal of Mineralogy*. 2019a. Vol. 31. P. 1099–1104.
- Shchipalkina N.V., Pekov IV., Chukanov N.V., Biagioni C., Pasero M.* Crystal chemistry and nomenclature of rhodonite-group minerals // *Mineralogical Magazine*. 2019b. Vol. 83. P. 829–835.
- Škoda R., Plášil J., Jonsson E., Čopjaková R., Langhof J., Vašíňová Galíová M.* Redefinition of thalénite-(Y) and discreditation of fluorthalénite-(Y): A re-investigation of type material from the Österby pegmatite, Dalarna, Sweden, and from additional localities // *Mineralogical Magazine*. 2015. Vol. 79. P. 965–983.
- Sokolova E.* From structure topology to chemical composition. I. Structural hierarchy and stereochemistry in titanium disilicate minerals // *The Canadian Mineralogist*. 2006. Vol. 44. P. 1273–1330.
- Sokolova E., Hawthorne F.C., Cámara F., Della Ventura G., Uvarova Y.A.* From structure topology to chemical composition. XXVII. Revision of the crystal chemistry of the perraultite-type minerals of the seidozerite supergroup: Jinshajiangite, surkhobite, and bobshannonite // *The Canadian Mineralogist*. 2020. Vol. 58. P. 19–43.
- Topa D., Kolitsch U.* The crystal chemistry of rathite based on new electron-microprobe data and single-crystal structure refinements: The role of thallium // *Minerals*. 2018. Vol. 8. Paper 466.
- Van Tassel R.* Une efflorescence d'acétatochlorure de calcium sur des roches calcaires dans des collections // *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*. 1945. Vol. 21, № 26. P. 1–11.
- Williams S.A.* Embreyite, a new mineral from Beregov, Siberia // *Mineralogical Magazine*. 1972. Vol. 38. P. 790–793.
- Williams S.A.* Girdite, oboyerite, fairbankite, and winstanleyite, four new tellurium minerals from Tombstone, Arizona // *Mineralogical Magazine*. 1979. Vol. 43. P. 453–457.