

ДИСКУСІЇ, КРИТИКА, БІБЛІОГРАФІЯ

УДК 553

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ГИДРОСЛЮД

А. Нырков

*Южно-Российский государственный технический университет
Россия, г. Новочеркасск*

Предложена кристаллохимическая классификация гидрослюдов, в которой использовано всего шесть названий: гидромусковит, гидрофенгит; гидромикадит, гидроферрифенгит (глаукониты); гидрофлогопит и гидрелепидомелан. К названию добавляется номер, показывающий степень гидратации (количество H_2O), например, гидрофенгит № 15.

Ключевые слова: гидрослюды, классификация, номенклатура, кристаллохимия.

Начатые в 1957 г. во Львове всесоюзные форумы по исследованию и использованию глиен продолжаются уже более полувека. Иногда они проходили как расширенные заседания Всесоюзной комиссии по глинам в столицах бывших республик СССР. В 2004 г. в Воронеже, а в 2006 г. в Пушкино прошли международные научные конференции “Глины и глинистые минералы”. В сентябре 2009 г. такой форум состоится в Москве. Конечно, они нужны и полезны.

На многих из них застрагивали или обсуждали вопросы о классификации глинистых минералов. Это ведь понятно: систематика и номенклатура объектов – это важнейшие вопросы любой проблемы.

Самыми распространенными глинистыми минералами являются гидрослюды, или иллиты, если сказать по-американски. Но до сих пор не существует общепринятой удобной и рациональной классификации этой группы глинистых минералов. Следовательно, существует разноречивость и засоренность номенклатуры. Предложения по ее упорядочению вносили неоднократно, в том числе и мы [7, 9]. Рассмотрев около 40 предложений по систематике гидрослюдов, мы внесли свой вариант решения проблемы, но до сих пор по разным причинам он не получил полной информации в печати (в виде тезисов дважды публиковали сообщения о предлагаемой классификации, но ни разу не была помещена сама классификация в виде таблицы).

Убеждены, что предлагаемая классификация гидрослюдов решает проблему: предложено обойтись всего шестью названиями и номерами, как у плагиоклазов. В этом случае гидрослюда любого состава найдет место на классификационной “полочке”. При этом соблюдена таксономия А. Поваренных: класс – силикаты, подкласс – слоистые, отдел – алюмосиликаты, подотдел – водные, группа – гидрослюды, подгруппа – диоктаэдрические и триоктаэдрические, минеральные виды – наши шесть названий, подвиды – изовалентные и гетеровалентные, химические разновидности – по коэффициенту железистости, структурные разновидности – по политипам.

В большинстве рассмотренных классификаций в семействе трехслойных силикатов выделяют группу слюдястых минералов, которую подразделяют на диоктаэдрические и триоктаэдрические, иногда на разбухающие и не разбухающие; также называют конкретных представителей. Однако большая группа гидрослюд с ее запутанной номенклатурой требует более детального и более строгого подразделения.

Среди рассмотренных вариантов классификаций были: изданный АН СССР информационный бюллетень “Материалы к классификации глинистых минералов”, предложения ученых Чехословакии, Канады, Венгрии, Испании, Международного номенклатурного комитета и многих других.

Мы убеждены, что наиболее современной является кристаллохимическая основа.

Большинство рассмотренных вариантов систематики гидрослюд не учитывает степени гидратации минералов. Вместе с тем этот признак для гидрослюд является важнейшим и, по нашему мнению, должен быть взят во внимание в любой классификационной схеме гидрослюд.

Учитывать степень гидратации гидрослюд можно по-разному (табл. 1):

- по дефициту межслоевых катионов;
- по молекулам избыточной H_2O , заполняющей “островные линзы”;
- по количеству оксония;
- по косвенным признакам:

отношение интенсивностей первого и второго базальных рефлексов, которое увеличивается по мере уменьшения межпакетного калия;

определение “заряда слоя” путем катионно-обменных реакций, по [5];

метод замера электрической емкости, по [3];

- по другим признакам.

Таблица 1

Степень гидратации гидрослюд по различным показателям

| Показатели | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,30 | 0,90 | Увеличение |
| 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,60 | 0,80 | То же |
| 0,30 | 0,30 | 0,45 | 0,90 | 0,70 | –’’– |
| 0,40 | 0,40 | 0,60 | 1,20 | 0,60 | –’’– |
| 0,50 | 0,50 | 0,75 | 1,50 | 0,40 | –’’– |

П р и м е ч а н и е: 1 – по оксонию; 2 – по дефициту межслоевых катионов; 3 – по количеству избыточной молекулярной воды; 4 – по избыточному водороду сверх $OH = 2-F$; 5 – по межслоевому заряду; 6 – по соотношению $J_{(001)}/J_{(002)}$.

Мы считаем, что подтверждение оксония достаточно убедительно, поэтому определяем степень гидратации, рассчитывая кристаллохимические формулы по методу Брауна–Норриша [14].

Наличие повышенного количества воды наряду с уменьшением роли калия является неотъемлемым признаком гидрослюд. А это влечет за собой изменение в физических константах (показатель преломления, интенсивность базальных рефлексов и др.).

Собрав сведения о гидрослюдах, описанных под разными названиями, сопоставив их химические и другие свойства, мы убедились, что их удобно распределить в зависимости от степени гидратации и изоморфных замещений в октаэдрических и

тетраэдрических слоях в форме, приведенной в табл. 2. Эта классификационная схема служит как бы готовой этажеркой, в которой для гидрослюд любого состава приготовлено свое место.

Таблица 2

Кристаллохимическая классификация гидрослюд

| Степень гидратации (по количеству межслоевой воды в формульных ед.) | Диоктаэдрические гидрослюды | | | | Триоктаэдрические гидрослюды | | | | | |
|---|--|----------------|--|---------------------|---|--|--|------------------------|---------------------|---|
| | В октаэдрах преобладают замещения | | | | | | | | | |
| | изовалентные | | | | гетеровалентные | | | | | |
| | Глиноземная группа, в октаэдрах $Al > Fe^{3+}$ | | Железная группа, в октаэдрах $Fe^{3+} > Al$ | | Магнезиальная группа, в октаэдрах $Mg > Fe^{2+}$ | | Железистая группа, в октаэдрах $Fe^{2+} > Mg$ | | | |
| | Si < 3,50 | Si > 3,50 | Si < 3,50 | Si > 3,50 | Si < 3,50 | Si > 3,50 | Si < 3,50 | Si > 3,50 | | |
| | Гидромусковит | Гидрофенгит | Гидромикалит | Гидроферрифенгит | | Гидрофлогопит | Гидромагнезиофенгит | Гидролепидомелан | Гидроферрофенгит | |
| 0,10 | Чистая гидрослюда с $d_{(001)} = 10 \text{ \AA}$ | | Чистая гидрослюда с $d_{(001)} = 10 \text{ \AA}$ | | Гетеровалентные гидромикалиты и гидроферрифенгиты | Гетеровалентные гидрофлогопиты, гидромагнезиофенгиты и гидролепидомеланы | Чистая гидрослюда с $d_{(001)} = 10 \text{ \AA}$ | | | |
| 0,30 | | | | | | | | | | |
| 0,50 | | | | | | | | | | Смешаннослойные образования гидрослюда-монтмориллонит $d_{(001)} = 10-12 \text{ \AA}$ |
| Разновидности по железистости | | | | | | | | | | |
| K | 0,25–0,50 | 0,25–0,50 | 0,50–0,75 | 0,50–0,75 | | | 0,25–0,50 | 0,25–0,50 | 0,50–0,75 | 0,50–0,75 |
| Название | Fe-гидромусковит | Fe-гидрофенгит | Al-гидромикалит | Al-гидроферрифенгит | | | Fe-гидрофлогопит | Fe-гидромагнезиофенгит | Mg-гидролепидомелан | Mg-гидроферрофенгит |

В зависимости от заселения тетраэдрических и октаэдрических слоев предлагаем использовать восемь названий разных гидрослюд, а практически – только шесть, потому что фенгитные разности триоктаэдрических слюд в природе пока не обнаружены. Степень гидратации можно выражать, добавляя номер, означающий количество межслоевой воды (по нашему – количество оксония). Например, гидрофенгит № 18.

Настоящие гидрослюды имеют степень гидратации по количеству межслоевой воды не более 0,50. Дальнейшее замещение больше половины катионов калия приводит к появлению смешаннослойной структуры. Предлагаемая здесь кристаллохимическая классификация гидрослюд учитывает для диоктаэдрических и триоктаэдрических слюдястых минералов разницу в пределах начальной гидратации. Классификационные критерии и пределы гидратации выбраны нами на основании рассмотрения химических, рентгенометрических, термических и других анализов 588 образцов гидрослюд по своим и литературным данным. Мусковит больше всех

может оставаться без смешанослойной структуры при замене калия группой (H_nO), а триоктаэдрические гидрослюды становятся смешаннослойными уже при степени гидратации 0,10.

При рассмотрении химических и других свойств гидрослюдов бывают случаи, когда октаэдрические позиции заселены в равном количестве двух- и трехвалентными катионами.

Понятно, что гидрослюда, имеющая, например, в октаэдрах ($Al_{1,20}Mg_{1,20}$), представляет собой своеобразную гидрослуду, отличающуюся и от гидромусковита, и от гидрофлогопита. Поэтому мы разделили диоктаэдрические и триоктаэдрические гидрослюды на две части: 1) гидрослюды, у которых в октаэдрах главную роль играет изовалентный изоморфизм; 2) гидрослюды, у которых главную роль играет гетеровалентный изоморфизм.

Главным показателем гетеровалентности октаэдрического заселения является соотношение $m = (R^{3+}:2):(R^{2+}:3)$, а его пределы рассчитаны из принятого нами условия $R^{3+} = 1+25\%$ и $R^{2+} = 1,5+25\%$.

По коэффициентам $K_1 = Fe^{3+}:(Fe^{3+} + Al)$ (диоктаэдрические) и $K_2 = Fe^{2+}:(Fe^{2+} + Mg)$ (триоктаэдрические) выделены разновидности гидрослюдов по железистости.

Таким образом, критерии для отнесения данного образца к тому или иному типу гидрослюдов имеют численные выражения (табл. 3).

Таблица 3

Численные выражения гидрослюдов

| Диоктаэдрические гидрослюды $R^{3+} > 1$ и $R^{2+} < 1,5$ | | Диоктаэдрические гидрослюды $R^{3+} < 1$ и $R^{2+} > 1,5$ | |
|--|-----------------|--|---------------|
| R^{3+} от 2 до 1,0 | | до 0 | |
| R^{2+} от 0 до 1,5 | | до 3 | |
| R^{3+} от ∞ до 1,0 | | до 0 | |
| По октаэдрическому заселению | | | |
| изовалентные | гетеровалентные | | изовалентные |
| R^{3+} от 2 до 1,250 | 1,4 | поле не встреченных гидрослюдов | 0,9 |
| R^{2+} от 0 до 1,125 | | | |
| m от ∞ до 1,666 | | | |
| | | | от 0,750 до 0 |
| | | | от 1,875 до 3 |
| | | | от 0,600 до 0 |

Суть нашего предложения такова.

Характеризуйте минерал как можно точнее всеми возможными способами и методами, а определив его свойства, не предлагайте новых названий, а поищите его место в классификационной таблице.

Современные физические методы исследования вещества позволяют найти точное классификационное положение конкретной гидрослюды даже без химического анализа. Рентгенограмма по $d_{(060)}$ укажет на диоктаэдричность или триоктаэдричность исследуемого образца; мёссбауэровская спектроскопия даст информацию о позиции и количественном содержании ионов двух- и трехвалентного железа и вместе с радиоспектроскопией определит одну из четырех групп; ИК-спектроскопия позволит отличить тетраэдрический алюминий от октаэдрического. Так можно определить все шесть подразделений.

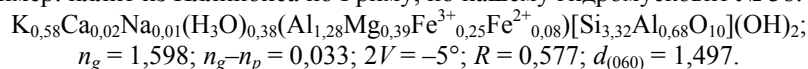
Порознь такие определения делают уже сейчас, но нахождение классификационного положения конкретного образца комплексом таких сложных методов пока не для всех доступно. Нужны, хоть и менее точные, но быстрые и простые методы определения классификационного положения исследуемого образца.

В случае мономинеральной пробы удовлетворительные результаты может дать пересчет данных химического анализа на формулу. В случае смесей более надежные результаты можно получить при использовании простых физических методов. Мы предложили графический способ определения группы гидрослюдов по $d_{(060)}$ и n_p . На V Межведомственном совещании по рентгенографии минерального сырья в Киеве мы докладывали об этом методе определения состава гидрослюдов по рентгеновским и оптическим данным [8].

Рассмотрим предлагаемую номенклатуру гидрослюдов. Как уже отмечено, в зависимости от заселения тетраэдрических и октаэдрических позиций предлагаем использовать всего шесть названий: гидромусковит, гидрофенгит, гидромикалит, гидроферрифенгит, гидрофлогопит, гидролепидомелан.

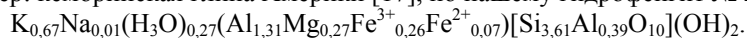
Гидромусковит. Диоктаэдрическая гидрослюда, у которой $(Al+Fe^{3+})$ в октаэдрах >1 , но преобладает алюминий, а в тетраэдрах $Al > 0,50$.

Пример: иллит из Иллинойса по Гриму, по нашему гидромусковит № 38:



Гидрофенгит. Диоктаэдрическая гидрослюда, у которой, в отличие от гидромусковита, в тетраэдрах $Al < 0,50$. Трехвалентные катионы в октаэдрах могут быть не более чем на 30 % замещены двухвалентными.

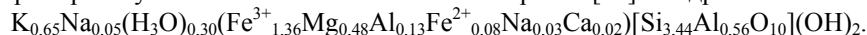
Пример: кембрийская глина Америки [17], по нашему гидрофенгит № 27.



Гидромикалит. Эта разновидность гидрослюдов вместе с гидроферрифенгитами образует железную группу диоктаэдрических гидрослюдов. Классификационными критериями являются $(Al_{VI} + Fe^{3+}) > 1$, причем $Fe^{3+} > Al^{3+}$, а в тетраэдрах $Si < 3,50$.

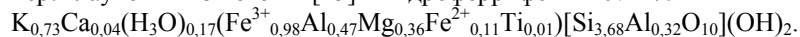
Минералы, которые мы отнесли, согласно указанным выше критериям, к гидромикалитам, описаны как глаукониты с высоким содержанием алюминия.

Пример: глауконит из меловых отложений Израиля [13] – гидромикалит № 30:

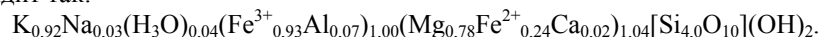


Гидроферрифенгиты*. В отличие от только что рассмотренной подгруппы, в тетраэдрах этой разновидности гидрослюдов количество атомов кремния в формуле превышает 3,50. Следовательно, это гидрофенгиты железной группы. Почти все они были описаны как глаукониты, то есть округлые агрегаты экзогенного происхождения. Однако по кристаллохимическим данным сюда попали некоторые микрослюдки листоватого облика и эндогенного происхождения: зеленая слюдка из Криворожья [6] и Кольского полуострова [4]. Поэтому целесообразно внести более широкое групповое название – гидроферрифенгиты, хотя за глауконитом можно оставить прочно укоренившееся понятие – минерал, образующий землистые агрегаты в виде округлых комочков.

Пример: глауконит из Богемы [15] – гидроферрифенгит № 17:



По главному показателю гетеровалентности октаэдрического заселения среди гидроферрифенгитов к промежуточной группе можно отнести селадонит Мадагаскара [16] и из базальтов Невады [12]. У последнего кристаллохимическая формула выглядит так:

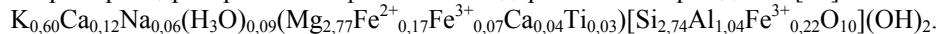


* Термин гидроферрифенгит Е. Семенов употребил еще в 1959 г.

Это гетеровалентный гидроферрифенгит № 4.

Гидрофлогопит и гидробиотиты. Первоначально термин гидробиотит означал гидратированную разновидность биотита. Впоследствии оказалось, что многие из таких гидробиотитов представляют собой смешаннослойное образование гидрослюда-вермикулит. Считаем целесообразным сохранить за гидробиотитом первоначальный смысл и называть гидробиотитом биотит с повышенным количеством воды, но без вермикулитовых прослоек. Следовательно, гидрофлогопит и гидробиотит – это триоктаэдрическая гидрослюда, у которой $(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ в октаэдрах $> 1,5$, а в тетраэдрах количество кремния не более 3,50.

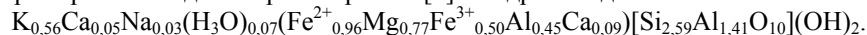
Пример: гидратированный флогопит Ковдорского месторождения [10]:



Это гидрофлогопит № 9.

Гидролепидомеланы. Этот термин впервые употребил Е. Семенов в 1959 г. По классификационным критериям сюда относятся триоктаэдрические гидрослюды, у которых $(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ в октаэдрах $> 1,5$, но преобладает железо, а в тетраэдрах количество ионов Si $< 3,50$. Как и для гидрофлогопитов, количество H_2O не превышает 0,10.

Пример: биотит докембрия Украины [1] – гидролепидомелан № 7:



1. *Горошников Б.И.* Биотиты высокоглиноземистых пород докембрия Украины // Минерал. сб. 1967. № 21. Вып. 2. С. 158–173.
2. *Грим Р.* Минералогия глин. М.: Иностран. л-ра, 1956. 454 с.
3. *Диомидов И.А., Ревнивцев В.И.* Способ определения степени перехода первичной слюды в вермикулит // Реферат. журн. Геология. 1971. 8–В–641.
4. *Дорфман М.Д., Горшков А.Н.* О селадоните из Хибин // Тр. Минерал. музея. 1965. Вып. 16.
5. *Куковский Е.Г.* и др. Определение заряда слоя в монтмориллоните // Минерал. сб. 1971. № 25. Вып. 1. С. 11–12.
6. *Макаров В.Н., Меньшиков Ю.П.* Зеленая слюда из пород южного Криворожья // Конституция и свойства минералов. 1969. Вып. 3.
7. *Нырков А.А.* О роли гидрослюды в земной коре и некоторых вопросах их систематики и номенклатуры // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. № 12. С. 95–101.
8. *Нырков А.А.* Графический способ определения состава гидрослюды по рентгеновским и оптическим данным // V Межведом. совещ. по рентгенографии минерального сырья. Киев, 1972. С. 98–99.
9. *Нырков А.А.* Гидрослюды в осадочной оболочке Земли: Дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, 1989.
10. *Петров В.П., Токмаков П.П.* Последовательность выветривания магнезиально-железистых слюд и влияние геохимических условий на выветривание // Каолиновые месторождения и их генезис. М.: Наука, 1968.
11. *Семенов Е.И.* Литиевые и другие слюды и гидрослюды в щелочных пегматитах Кольского полуострова // Тр. Минерал. музея. 1959. Вып. 9.
12. *Фостер М.Д.* Отношение зарядов в диоктаэдрических и триоктаэдрических слюдах // Вопросы геологии и минералогии слюд. М.: Мир, 1965. С. 228–245.

13. *Bentor K., Kaster M.* Notes on the mineralogy and origin of glauconite // *J. Sediment. Petrol.* 1965. Vol. 35. N 1. P. 155–166.
14. *Brown G., Norrish K.* Hydrous micas // *Mineral. Mag.* 1952. Vol. 29. N 218. P. 929.
15. *Cimbalnikova A.* Water in glauconites // *Acta Universitatis Carolinae – Geologic.* 1971. N 3. P. 191–208.
16. *Hendricks S.B., Ross C.S.* The chemical composition and genesis of glauconite and celadonite // *Amer. Mineral.* 1941. Vol. 26. N 12.
17. *Hower D., Mowatt G.S.* The mineralogy of illites and mixed-layer illite-montmorillonite // *Amer. Mineral.* 1966. Vol. 51. N 5–6. P. 825–853.

CRYSTALLOCHEMICAL CLASSIFICATION AND NOMENCLATURE OF HYDROMICAS

A. Nyrkov

*South-Russian State Technical University
Russia, Novocherkassk*

Crystallochemical classification of hydromicas is offered. Only six names are used in it: hydromuscovite, hydrophengite; hydromicadite, hydroferryphengite (glauconites); hydrophlogopite and hydrolepidomelane, with addition of number, showing the degree of hydration (number means the quantity of H₂O). For example: hydrophengite N 15.

Key words: hydromicas, classification, nomenclature, crystallochemistry.

КРИСТАЛОХІМІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА ГІДРОСЛЮД

А. Нирков

*Південноросійський державний технічний університет
Росія, м. Новочеркаськ*

Запропоновано кристалохімічну класифікацію гідрослюд, у якій використано всього шість назв: гідромусковіт, гідрофенгіт; гідромікадит, гідроферифенгіт (глауконіти); гідрофлогопіт і гідролепідомелан. До назви додають номер, який означає ступінь гідратації (кількість H₂O), наприклад, гідрофенгіт № 15.

Ключові слова: гідрослюди, класифікація, номенклатура, кристалохімія.

Стаття надійшла до редколегії 04.08.2009

Прийнята до друку 30.10.2009