

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЭВАПОРИТОВОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ В  
ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТИПОВОГО РАЗРЕЗА СРЕДНЕГО  
РИФЕЯ (ЗАПАДНЫЙ СКЛОН ЮЖНОГО УРАЛА)**

**Крупенин М.Т.<sup>1</sup>(krupenin@igg.uran.ru), Котляров В.А.<sup>2</sup>, Гуляева Т.Я.<sup>1</sup>, Петрищева В.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Уральское отделение. Институт геологии и геохимии УрО РАН

<sup>2</sup>Ильменское отделение. Ильменский государственный заповедник

**MINARALOGICAL FEATURES OF THE EVAPORATE SEDIMENTATION IN THE TERRIG-  
ENOUS-CARBONATES SEQUENCE OF THE MIDDLE RIPHEAN TYPE SECTION (WESTERN  
SLOPE OF THE SOUTHERN URALS)**

**Krupenin M.T.<sup>1</sup>, Kotliarov V.A.<sup>2</sup>, Guliaeva T.Ya.<sup>1</sup>, Petrishcheva V.G.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Urals branch. Institute of Geology and Geochemistry, Ural Division of RAS

<sup>2</sup>Ilmeny Branch, Ilmen State Reserve

Для восстановления палеогеографических обстановок рифея типового разреза необходимо нахождение литологических, минералогических и геохимических индикаторов. Для среднего рифея по данным геохимических и минералогических критериев было установлено преобладание гумидных обстановок осадконакопления (Маслов и др., 1999; 2001). В то же время было показано, что источниками магния для формирования многочисленных магнезитовых проявлений и месторождений в карбонатных толщах авзянской свиты среднего рифея являются эвапоритовые рассолы (Крупенин, Прохаска, 2008), связанные, вероятно, с эпизодами преобладания аридного климата. Сложность реставрации климатических обстановок в рифее Башкирского мегантиклинория (БМА) определяется необходимостью снятия процессов глубинного катагенеза и метагенеза, которым подвержены отложения региона.

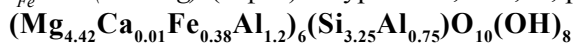
Тем не менее, в последнее время появляется все больше фактов, указывающих на возможность развития эвапоритовых обстановок во время накопления авзянской свиты. К таковым относятся: присутствие гипса в отложениях кужинского комплекса и его аналогов в западной части БМА, наличие магнезиального хлорита в этом же районе (Крупенин и др., 2002), многочисленные проявления барит-полиметаллическая минерализация в кужинском комплексе и в авзянской свите среднего рифея и месторождения (Кужинское, Верхне-Аршинское). Известно, что в осадочных толщах, подверженных катагенетическим преобразованиям, преобладающим развитием пользуются железистые и магнезиально-железистые хлориты, магнезиальные же характерны для эвапоритовых толщ (Дриц, Коссовская, 1991). Магнезиальные хлориты встречены также в метаморфических высокотемпературных, высокобарических комплексах, а также характерны для метаморфизованных гипербазитов и кимберлитов.

Новым доказательством существования эвапоритовых обстановок является широкое развитие магнезиального хлорита в карбонатно-терригенных неметаморфизованных породах авзянской свиты в районе п. Верхний Катав в северной части Инзерского синклиниория. Здесь широко распространена существенно доломитовая толща реветской подсвиты мощностью до 700 м, завершающая разрез авзянской свиты (Стратотип рифея, 1983). В составе подсвиты преобладают розовые и сиренево-серые тонкозернистые доломиты, иногда окремененные, с прослойками доломитовых мергелей и глинистых сланцев. Розовый оттенок обусловлен присутствием тонкорассеянного гематита. Наблюдается приуроченность интенсивно окрашенных розовых доломитов к горизонтам брекчирования, напоминающим коллапс-брекчии и к фенестровым гнездам в светло-сером с сиреневым оттенком доломите.

Нами детально изучены доломиты и прослой глинистых пород из разреза в каменном карьере Няякин ключ в 1,5 км юго-восточнее п. Верхний Катав. Выделения хлорита в доломите имеют клиновидную, ромбовидную и квадратную форму гнезд размером в первые миллиметры и ассоциируют с тонкокристаллическим кварцем, тальком и калишпатом (Крупенин и др., 2008).

Микронзондовое изучение хлорита из доломитов под электронным микроскопом (РЭММА-202М) показало, что он представлен крайне магнезиальной разновидностью, с коэффициентом железистости

$K_{Fe} = Fe/(Fe+Mg)$  (в ф.е.) на уровне 0,05-0,07, расчетная формула:



Дифрактометрия доломита подтвердила присутствие хлорита. В обогащенном хлоритом материале из прожилков (по данным термического анализа содержание хлорита до 80%, остальное – доломит, кварц, тальк) пики 14 (001) и 4,72 (003) ангстрем сопоставимы по интенсивности с четными рефлексами 7,15 (002) и 3,56 (004).

Термический анализ подтвердил присутствие магнезиального хлорита, имеющего температуры диссоциации, аналогичные хлоритам в алевролитах и сланцах, т.е. эндопики при 649°C, 865°C и экзоэффект при 911°C. Сходство термических характеристик предполагает как одинаковый состав (высокую магнезиальность) этих разновидностей хлорита, так, вероятно, и их происхождение.

Микроскопическое изучение алеврито-глинистых пород разреза подтвердило присутствие новообразований хлорита по чешуйкам кластогенных слюд и в основной массе алевропелитов. По данным рентгенографии в сланцах присутствует магнезиальный хлорит с интенсивными дифракционными пиками 14 (001); 4,72 (003) и 2,85 (005) ангстрем, сопоставимыми или превышающими интенсивность четных дифракционных отражений, что указывает на повышенную магнезиальность хлорита. По данным термического анализа магнезиальный хлорит диссоциирует с эндотермическими пиками потери адсорбционной воды при 150°C, кристаллизационной воды при 641°C и 881°C, а также небольшой экзопик при 913°C. Количество хлорита в сланцах и алевролитах составляет от 20 до 40%.

Исследование под электронным микроскопом (рис. 1) подтвердило магнезиальный состав хлорита из сланцев. Коэффициент железистости составляет 0,16-0,23 (в ф.е.), что также ниже, чем в магнезиально-железистых хлоритах региона. Ниже представлены расчетные формулы (катионный метод):

Сланец 4537-3

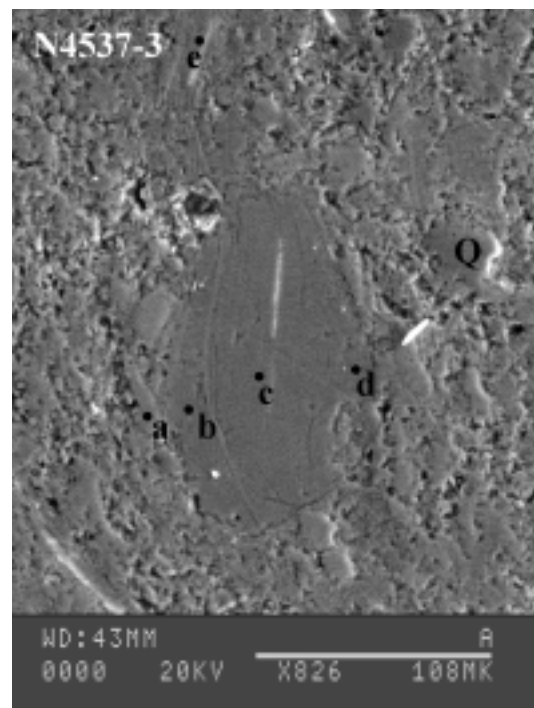
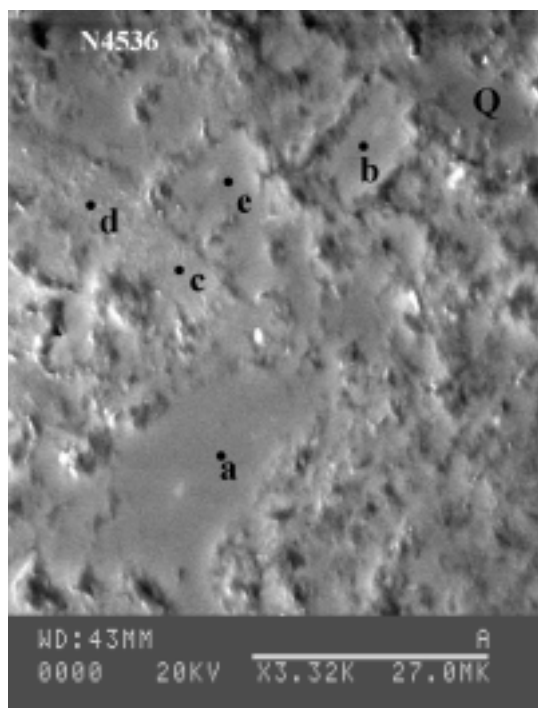
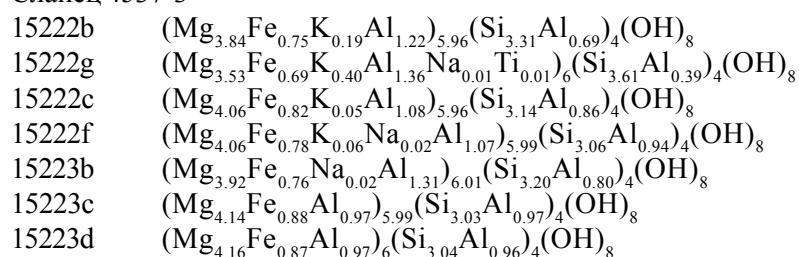
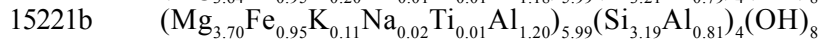
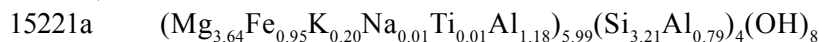


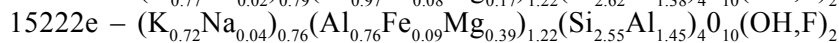
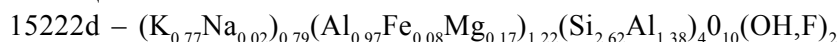
Рис. 1. а) метасоматическое выделение магнезиального хлорита (точки 15223 b, c, d) и калишпата (точка 15223 a) в глинистом сланце 4537-3; б) реликтовая чешуйка биотита (точки 15220 c, d) и зерна калишпата (точки 15220 a, b, e) в глинистом сланце 4536.

Сланец 4536



Кроме того, были рассчитаны формулы для ассоциирующего мусковита:

Сланец 4537-3



Из приведенных данных видно, что мусковит недосыщен щелочами, кремнеземом, имеет избыток магния (0,17-0,39 ф.е.) и в целом нестехиометричный по сравнению с теоретической формулой  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$

Изученный биотит имеет расчетную формулу:

Сланец 4536

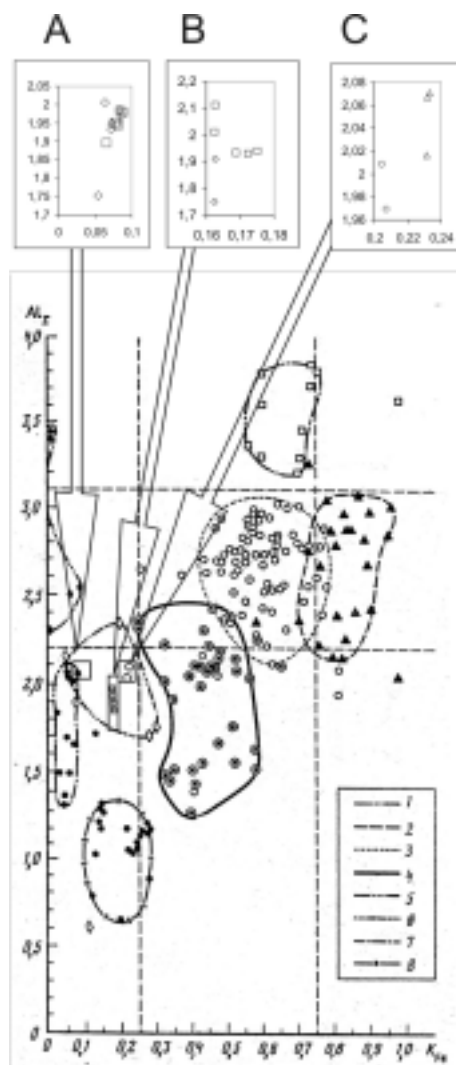
15220c –  $[(\text{K}_{0.73}\text{Na}_{0.01})_{0.74}(\text{Mg}_{1.66}\text{Fe}_{0.57}\text{Ti}_{0.08})]_{3.05}(\text{Si}_{2.68}\text{Al}_{1.26})_{3.94}\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$  и также в целом нестехиометричен.

Отмечается, что в хлоритах, содержащих  $\text{K}_2\text{O}$ , как правило, присутствует также небольшая примесь  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{TiO}_2$ , которые могут рассматриваться как реликтовые элементы слюд (см. расчетные формулы биотита и мусковита), подверженных магнизальному метасоматозу с образованием магнизального хлорита.

Таким образом, обнаружение различных форм магнизального хлорита (аутигенного по серициту и биотиту в глинистых сланцах, гнезда выполнения по пустотам от растворения эвапоритовых минералов – гипса и, возможно, галита), ассоциация магнизального хлорита с тальком являются новым доказательством существования высокой степени осолонения бассейнов в среднем рифее на примере северной части мегантиклинория (Катав-Ивановский район).

Процессы образования магнизального хлорита связаны с высокой проницаемостью сульфатно-карбонатных толщ для магнизальных растворов (Соколова, 1982; Дриц, Коссовская, 1991). На диаграмме  $\text{Al}_{(\text{VI+IV})} - \text{K}_{\text{Fe}(\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg})}$  (рис. 2) магнизальные хлориты из доломитов и глинистых сланцев Верх-Катава расположены компактно в поле магнизальных хлоритов из галитов высоких стадий осолонения бассейна (Дриц, Коссовская, 1991). Следовательно, вывод о гумидных условиях осадконакопления в среднем рифее на территории БМА можно уточнить: в авязское время произошла смена на аридные условия с формированием эвапоритовых водоемов, явившихся источником крепких рассолов.

Как было выяснено ранее (Cathelineau, 1988), вариации содержания Fe и Mg в хлоритах частично регулируются температурой, но сильно зависят от геологических условий и состава растворов. Следовательно, присутствие магнизальных хлоритов, как и магнизального иллита, указывает на



**Рис. 2. Схема геохимической классификации хлоритов (Дриц, Коссовская, 1991):** 1 – ди-триоктаэдрические Al-Fe-Mg-хлориты; 2 - Fe-хлориты; 3 - Fe-Mg-хлориты кластогенных формаций; 4 - Fe-Mg- и Mg-Fe-хлориты основных магматических пород; 5 - Mg-хлориты эвапоритовых хемогенно-терригенных формаций; 6 - Mg-хлориты из галитов и Mg-K-солей высоких стадий осолонения бассейнов; 7 Mg-хлориты из серпентинитов; 8 - Mg-хлориты из кимберлитов; А – Mg-хлориты из доломитов, обр. 4537-16; В – Mg-хлориты из сланцев, обр. 4537-3; С – Mg-хлориты из сланцев, обр. 4536 (по данным РЭММА-202М).

агрессивное действие магнезиальных флюидов на алюмосиликаты вмещающих терригенно-карбонатных пород. Вероятно, такие магнезиальные флюиды, учитывая комплекс литолого-минералогических признаков разреза верхней части авзянской свиты изученного района Башкирского мегантиклинория, следует связывать с остаточными крепкими рассолами эвапоритового бассейна.

Образование идиоморфных кристаллов калишпата в доломитах и его заметное присутствие в составе хлорит-гидрослюдистых сланцев при полном отсутствии альбита указывает на метасоматическое образование калишпата в условиях повышенной щелочности и высокого К/Na отношения катагенетических флюидов (Hemley, 1959; Щербань, 1978). Происхождение таких флюидов наиболее логично объяснить связью с остаточными эвапоритовыми рассолами. К примеру, формирование аутигенного калишпата происходило совместно с галитом в солеродном оз. Гозиут, Вайоминг, США (Годовиков, 1975). Пространственная ассоциация разрезов, содержащих магнезиальный хлорит в составе глинистых и карбонатных пород, с проявлениями и месторождениями магнезита и брейнерита (Кужинский, Катав-Ивановский районы), сформированных под действием высокомагнезиальных рассолов, также подтверждает развитие эвапоритовых обстановок в авзянское время.

*Исследования поддержаны грантом РФФИ (прект 06-05-64592).*

### Список литературы

- Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1975. 520 с.
- Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.: ГИН АН СССР. 1991. 174 с.
- Крупенин М.Т., Прохаска В. Геохимические и литологические признаки эвапоритовой природы магнезитовых месторождений Южно-Уральской провинции // 5 Всероссийское литологическое совещание. Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 2008. С. 135-137.
- Крупенин М.Т., Ларионов Н.Н., Гуляева Т.Я., Демчук И.Г. Новые данные об особенностях седиментации в бассейнах авзянского времени среднего рифея // Ежегодник-2001 Института геологии и геохимии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С. 43-49.
- Крупенин М.Т., Котляров В.А., Гуляева Т.Я., Петрищева В.Г., Шалагинов А.Э. Магнезиальный хлорит в терригенно-карбонатных отложениях в авзянской свиты (западный склон Южного Урала) - следствие среднерифейской эвапоритовой седиментации? // Вестник Уральского отделения РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 43-58.
- Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т., Демчук И.Г. Тонкая алюмосиликокластика в верхнедокембрийском разрезе Башкирского мегантиклинория (к реконструкции условий формирования). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1999. 324 с.
- Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Анфимов Л.В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерогения, геологические памятники природы). Екатеринбург: УрО РАН, 2001. Т.1. 351 с.
- Соколова Т.Н. Аутигенное силикатное минералообразование разных стадий осолонения (на примере пермских бассейнов юго-востока Русской платформы). М.: Наука, 1982. 164.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Фашии метаморфизма. М.: Недра, 1969. Под ред. В.С. Соболева. 432 с.
- Щербань И.П. Условия образования низкотемпературных околорудных метасоматитов (на примере Алтае-Саянской области). Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1975. 197 с.
- Cathelineau M. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature // Clay Minerals, 1988. 23. P. 471-485.
- Hemley J.J. Some mineralogical equilibria in the system  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$  // American Journal of Science, 1959. V. 257. P. 241-270.