

**О.В. Коротченкова**

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

## НЕКОТОРЫЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАДСОЛЯНЫХ ПОРОД РОМАНОВСКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

Проведено минералого-петрографическое исследование шлифов надсоляной части разреза южной части Верхнекамского месторождения солей. Исследование позволило выявить петрографические особенности несоляных пород, а также детализировать условия образования осадка после завершения соленакопления на территории Верхнекамского эвапоритового бассейна.

*Ключевые слова:* Верхнекамское месторождение солей, петрография уфимских отложений.

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2023.143**

В 2022 году ПАО «Уралкалий» в пределах в южной части Верхнекамского месторождения солей (ВКМС) (Романовский участок) была пройдена скважина, вскрывшая разрез до средней пачки подстилающей каменной соли (ПдКС). Надсоляная часть разреза представлена (снизу вверх): соляно-мергельной (СМТ), терригенно-карбонатной (ТКТ) и пестроцветной (ПЦТ) толщами. Нами было проведено минералого-петрографическое изучение надсоляных пород, в том числе микроскопическое исследование шлифов в количестве 20 шт.

Работы выполнялись с помощью поляризационного микроскопа проходящего и отраженного света Axioskop 40 Pol (Carl Zeiss, Германия) и электронного микроскопа VEGA 3 LMN (Tescan, Чехия) с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20.

Разрез **соляно-мергельной толщи**, перекрывающей соляную залежь, представлен преимущественно мергелями серыми, прослоями доломитовыми бежевыми, доломитами глинистыми и прослоями ангидритовой породы. Изредка в разрезе фиксируются зоны развития разнонаправленных прожилков селенита.

Карбонатные породы имеют пелитоморфную однородную, реже микросгустково-комковатую структуру (рис. 1 а) и массивную, прослоями слоистую или обломочную, текстуру. В породах относительно равномерно рассеяны тонкие частицы углефицированного растительного детрита

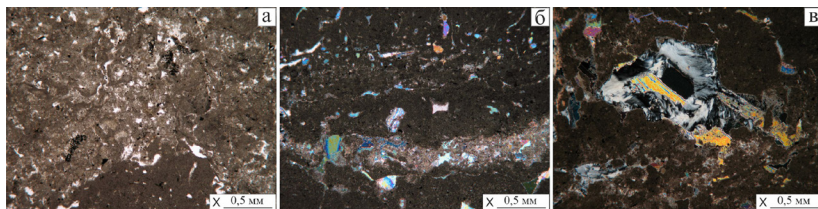


Рис. 1. Петрографические особенности доломита глинистого из СМТ  
 а – микрогустково-комковатая структура; б – пойкилокристаллы ангидрита; в – ангидрит-халцедоновое стяжение; заметно замещение ангидрита халцедоном

черного и коричневого цвета, обычно ориентированные согласно напластованию, наравне с чешуйками глинистых минералов. Кроме того, в породах рассеяны редкие алевритовые включения кварца, полевых шпатов.

В породах фиксируются удлинённые, овальные, ориентированные согласно слоистости *кремнистые стяжения* размером до первых сантиметров, состоящие из кремнезема бесцветного до светло-буроватого в проходящем свете с микроагрегатным, участками сферолитовым погасанием (рис. 2 а). В стяжениях заметны редкие включения споровых частиц коричневого цвета, замещенных халцедоном, и фрагменты вмещающей породы. Единичные стяжения сильно изогнуты – пластично и хрупко деформированы. Также в карбонатных породах СМТ изредка наблюдаются интервалы со сферическими полиминеральными включениями (1 %) размером от долей миллиметра до 6 мм. Сферы сложены карбонатно-кремнистым агрегатом, нередко с призматическими кристаллами ангидрита (рис. 2 б). Количество пелитоморфного кальцита увеличивается по направлению от центра сферы. Как и в других кремнистых стяжениях здесь заметны рассеянные коричневые споровые частицы замещенные кремнеземом, единичные субидiomорфные кристаллы целестина и редкие угловатые включения сфалерита размером 0,04–0,12 мм (рис. 2 в). Схожие образования, выявленные в породах

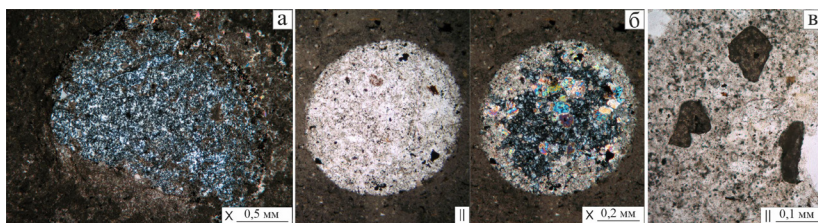


Рис. 2. Детали строения кремнистых стяжений из пород СМТ  
 а – микроагрегатная структура; б – полиминеральная сфера; видны включения ангидрита; в – включения сфалерита

СМТ в пределах Соликамского участка ВКМС, были детально изучены Бубновой М.В. с соавторами [1].

Сульфатный материал в разрезе толщи формирует как отдельные прослои ангидритовой породы, так и рассеян по разрезу в виде разнообразных стяжений.

Ангидритовая порода характеризуется микрокристаллической структурой и имеет желваковое строение (рис. 3 а). Форма желваков часто вытянутая – овальная, линзовидная – за счет пластических деформаций. Границы желваков часто маркируются глинистым агрегатом и идиоморфными микрокристаллами пирита. В породе встречаются редкие кристаллы целестина с незначительной примесью бария (до 4,8 вес. %) размером до 100 мкм; сферолиты халцедона размером до 1,5 мм, в центре которых изредка отмечаются кристаллы ангидрита (рис. 3 г-д). Ангидритовая порода локально гидратируется с образованием пойкилокристаллов гипса (рис. 3 б-в).

Изредка сульфатный материал встречается в карбонатных породах в виде рассеянных пойкилокристаллов ангидрита размером от микро до мелких, частично замещенных халцедоном (рис. 1 б-в).

В ангидритовых прослоях часто присутствуют тонкие прослойки глинистого материала бурого цвета с неравномерной тонкой вкрапленностью пирита (<1 %). В качестве включений нередко отмечаются скопления мелких ромбоэдров доломита, сферолитов халцедона, при этом

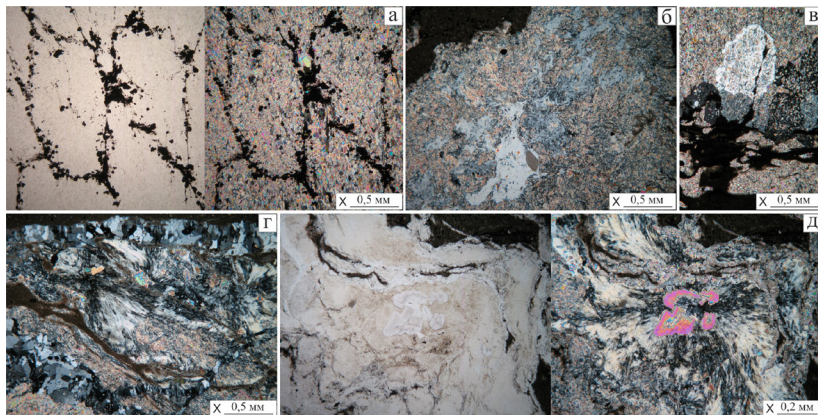


Рис. 3. Петрографические особенности ангидритовой породы СМТ  
а – микрокристаллическая структура, желваковое строение и скопления пирита вдоль границ желваков; б, в – замещение ангидрита гипсом; г, д – замещение ангидрита сферолитами халцедона; виден кристалл ангидрита в центре сферолита

фиксируются редкие ангидрит-халцедоновые зональные конкреции размером доли миллиметра, изредка с доломитом.

**Терригенно-карбонатная толща** представлена переслаиванием известняков глинистых и доломитов глинистых, реже встречаются прослойки песчаников и алевролитов полимиктовых. Заметно снижается роль в разрезе сульфатного материала.

Для карбонатных пород характерна пелитоморфная структура с элементами ступково-комковатой (рис. 4 а) и органогенно-обломочной (детритово-шламовой) и слоистые текстуры. Часто в породах наблюдается ориентированная структура, обусловленная единой ориентировкой чешуйчатых частиц глинистых минералов и рассеянного углефицированного растительного детрита. На фоне пелитоморфного агрегата нередко выделяются участки разнообразной формы, выполненные мелко-тонкокристаллическим агрегатом кальцита (участки перекристаллизации). Присутствует примесь терригенного алевролитового материала. Также значительным компонентом пород ТКТ является пирит, присутствующий как в виде тонкой вкрапленности, так и в виде редких овальных стяжений размером до первых сантиметров. Причем в последнем были выявлены единичные микровключения халькопирита и хоулиита.

Органогенный материал в породах представлен фрагментами водорослевых известняков, остракодами, фораминиферами (рис. 4 б-в), реже брахиоподами. Нередко присутствуют кальцитовые микросферы водорослевого? генезиса.

Фрагменты *водорослевых* известняков сложены пелитоморфным агрегатом кальцита со ступково-комковатым, узорчатым строением, которое на некоторых участках выделяется более отчетливо за счет перекристаллизации – промежутки между отдельными ступками и комками выполнены тонкокристаллическим агрегатом кальцита оранжево-коричневого цвета в проходящем свете и с незначительной примесью Mg.

Отдельные створки, реже целые раковины, *остракод* размером в среднем 0,1–0,2 мм, единичные до 0,5 мм, *фораминиферы* и *брахиоподы* чаще всего замещены кальцитом, в том числе зональным агрегатом – створки выполнены параллельно-шестоватым агрегатом, в центре – мозаичным. В единичных случаях выявлено замещение внутренней части остракоды тонкокристаллическим агрегатом целестинобарита.

Изредка в карбонатных породах отмечаются тонкие линзовидные прослойки *гравелитов известняковых*, сложенные уплощенными обломками – фрагменты тонких пелитоморфных корочек сцементированные мелко-тонкокристаллическим агрегатом кальцита (рис. 4 г). На

микроуровне в обломках часто можно наблюдать узорчатые органогенные структуры – стустки, комки, строматолитовая микростроистость, которые инкрустированы агрегатом мельниковита. Также пирит рассеян в гравелите в виде фрамбоидальных агрегатов (рис. 4 д). В редких случаях к прослоям гравелитов приурочено образование скелетных (?)

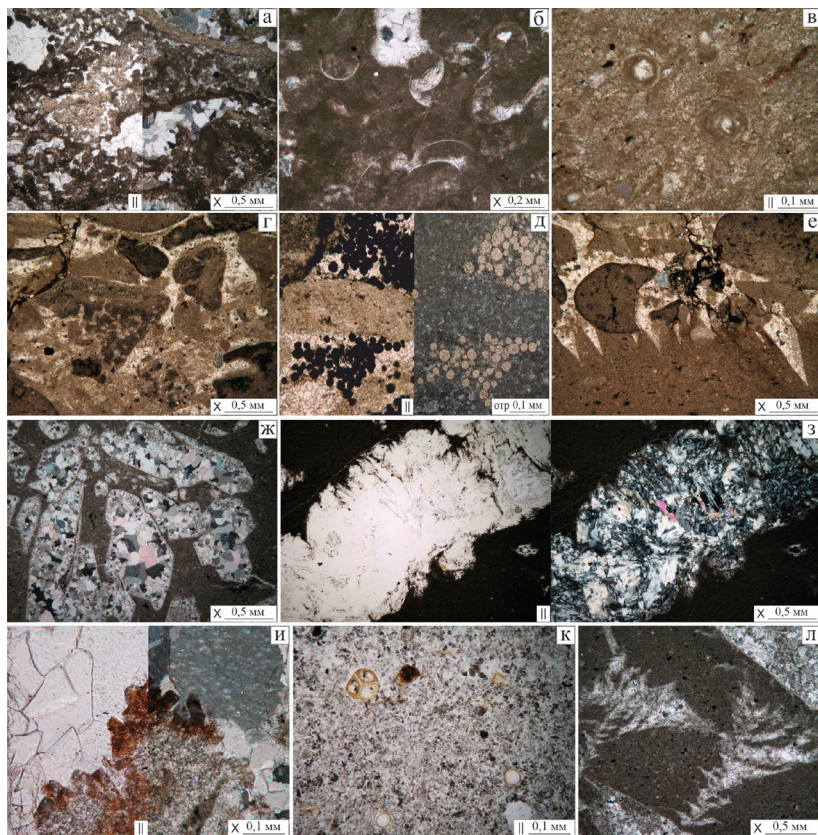


Рис. 4. Петрографические особенности карбонатных пород ТКТ  
 а – стустково-комковатая узорчатая структура известняка с участками перекристаллизации; б – кальцитизированные створки раковин остракод; в – кальцитизированные раковины фораминифер; г – известняковый гравелит; в обломках видна вкрапленность мельниковита; д – фрамбоидальные агрегаты пирита в гравелите; е – клиновидные образования кальцита вдоль границы гравелита; ж – псевдоморфозы кальцита по гипсу; з – ангидрит-халцедоновые псевдоморфозы по гипсу; и – окрашенные гидроксидами железа радиально-лучистые агрегаты альбита в кальцитовой псевдоморфозе; к – спорные частицы в кремнистом стяжении; л – кальцитовые псевдоморфозы по галиту

кристаллов, сложенных в настоящее время кальцитом – вдоль верхней и нижней границ прослойка наблюдаются редкие клиновидные образования (рис. 4 е), направленные от границ прослоя во вмещающую породу под углом  $\sim 60^\circ$ , причем общая ориентировка верхних и нижних индивидов совпадает.

В некоторых интервалах в породах фиксируются псевдоморфозы по кристаллам гипса и кремнистые стяжения.

*Псевдоморфозы* по кристаллам гипса линзовидной формы хаотично рассеяны в породе и имеют размеры от 0,2 мм до 2 см в длину и до 2 мм в ширину. Псевдоморфозы могут быть замещены карбонатным или сульфатным материалом. Первые выполнены тонко-мелкокристаллическим мозаичным агрегатом кальцита бесцветного с незначительным увеличением размеров зерен к центру (рис. 4 ж). В них часто наблюдаются сгустки (реликты?) пелитоморфного кальцита, по периферии которых формируются призматические кристаллы альбита, часто в виде радиально-лучистых сростков, с вкраплениями игольчатых частиц гидроксидов железа, что придает псевдоморфозам локальную коричневую окраску (рис. 4 и). Вторые имеют ячеистую апожелваковую структуру (рис. 4 з). В ячейках отмечается минеральная зональность – в центральной части локализованы пучковидные агрегаты бесцветных призматических кристаллов или тонкокристаллический мозаичный агрегат гипса, а по периферии – халцедон слабо буроватого цвета со сферолитовым погасанием, нередко с микрокристаллами кварца вдоль границы халцедон-гипс. В гипсовых пучках выявлены реликтовые зерна ангидрита.

*Кремнистые стяжения* имеют удлинненно-овальную форму, размеры до 1 см в длину и 3 мм в ширину. По периферии кремнистых стяжений наблюдается тонкая гипсовая «рубашка» с включениями реликтовых зерен ангидрита. В стяжениях изредка рассеяны флористические остатки (споровые частицы) (рис. 4 к), замещены целестином или халцедоном, а также единичные субизометричные включения *сфалерита* бесцветного размером около 0,2 мм.

В единичных случаях в карбонатных породах ТКТ фиксируются псевдоморфозы по скелетным кристаллам галита – елочковидные трехгранные или четырехгранные углы (рис. 4 л).

*Песчаники и алевролиты*, встречающиеся в подчиненном количестве в ТКТ, имеют преимущественно серую окраску и полимиктовый состав (рис. 5 а). Основная масса обломочного материала в них представлена полевыми шпатами, эффузивными, кремнистыми и глинистыми породами, известняками, в том числе водорослевыми, и алевролитами, кварцем, хлоритами, створками раковин (детрит). В алевролитах

отмечается относительное увеличение кварцевой составляющей. В кремнистых обломках выявлены редкие включения псевдоморфоз по радиоляриям, выполненные халцедоном (рис. 5 г). Форма зерен разнообразная, в зависимости от минерального состава обломка, преимущественно угловатая, полуокатанная; пластичные обломки нередко изогнуты и имеют конформные очертания. В большинстве обломков наблюдается тонкая вкрапленность непрозрачного *пирита*, который иногда образует рубашку вокруг разных обломков.

В единичном случае был выявлен прослой песчаника грауваккового крупнозернистого с примесью (2–3 %) оолитов (рис. 5 б-в). *Оолиты* овальные, реже круглые с концентрически-скорлуповатым строением выполнены кальцитом. В проходящем свете буроватые. В центральной части оолитов, как правило, диагностируется фрагмент известняка пелитоморфного локально перекристаллизованного. Пелитоморфный агрегат кальцита также выполняет отдельные зоны оолита. Во многих оолитах присутствует рассеянная вкрапленность идиоморфных кристаллов пирита субмикронной размерности – от беспорядочной до согласной зональности.

В редких тонких прослойках алевролита наблюдается относительное увеличение количества органики – углефицированного растительного детрита, обломков створок раковин, а также пиритовой

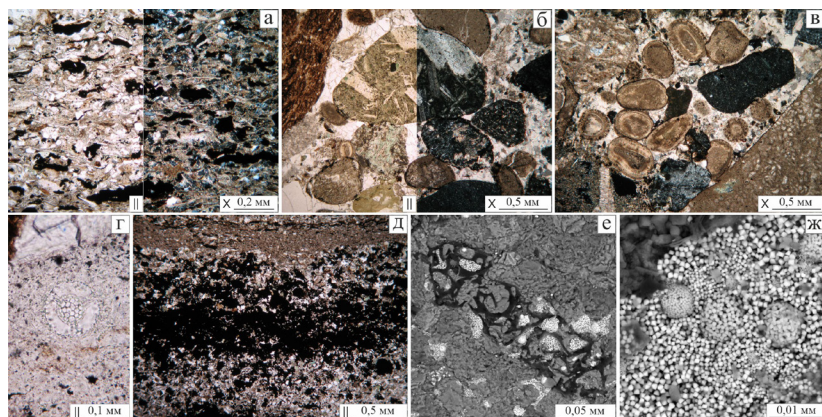


Рис. 5. Петрографические особенности терригенных пород ТКТ

а – полимиктовый состав и кальцитовый цемент алевролита; виден согласно ориентированный раковинный детрит; б – полимиктовый состав песчаника; в – скопление кальцитовых оолитов в песчанике; справа внизу виден обломок известняка водорослевого; г – псевдоморфоза по радиолярии в кремнистом обломке песчаника; д-ж – вкрапленность пирита в алевролитовом прослойке, в том числе в виде фрамбойдов

вкрапленности в виде фрамбоидальных агрегатов вблизи флористических частиц (рис. 5 д-ж).

Цемент терригенных пород ТКТ кальцитовый поровый составляет 10 % от объема породы. Распределен неравномерно – на некоторых участках он практически отсутствует – обломки плотно сгружены за счет большого количества пластичных зерен.

**Пестроцветная толща** представлена песчаниками, алевролитами и аргиллитами коричневого и зеленовато-серого цвета. По минеральному составу их можно отнести к грауваккам. В них выявлены обломки эффузивных, кремнистых и глинистых пород, известняков и алевролитов. Среди минералов преобладают кварц, полевые шпаты и хлорит, реже встречаются пироксены, амфибол, титаномагнетит и др. Также в составе пород ПЦТ часто отмечаются гидроксидно-железистые зерна, вероятно, представляющие собой ожелезненные обломки пород.

Обломки *эффузивных пород* чаще всего имеют овальную полуокатанную форму и интерсертальную структуру. Обломки в различной степени ожелезнены и хлоритизированы – хлорит выполняет интерстиции микролитов плагиоклаза или формирует сферолиты (рис. 6 а).

Обломки *кремнистых и халцедон-кварцевых пород* полуокатанной и угловатой формы (рис. 6 б). В поляризованном свете отличаются микроагрегатным или сферолитовым погасанием. Нередко в породах наблюдаются псевдоморфозы по радиоляриям, замещенные халцедоном, по периферии ожелезненные (рис. 6 в).

Обломки *известняка* имеют округлую форму и пелитоморфную структуру. Зерна *алевролитов* полуокатанные округлой или овальной формы; имеют кварцевый состав и железисто-гидрослюдистый контактовый цемент. Обломки *аргиллитов* и *глинистых* пород бурого цвета за счет рассеянных гидроксидов железа; они часто деформированы до изогнутой линзообразной формы и облекают соседние более прочные зерна.

*Кварц* встречается в виде угловатых или остроугольных зерен с нормальным, реже волнистым погасанием, изредка наблюдаются включения пылеватых частиц.

*Полевые шпаты* присутствуют в виде таблитчатых или призматических зерен и представлены калиевым полевым шпатом (КПШ) и плагиоклазом (преимущественно альбит). Для альбита характерны полисинтетические двойники. Практически во всех зернах выявлены включения вторичных минералов – плагиоклазы подвержены сосюритизации, эпидотизации; КПШ – пелитизации. Интенсивность изменений варьирует от редких включений до практически полностью замещенного зерна.



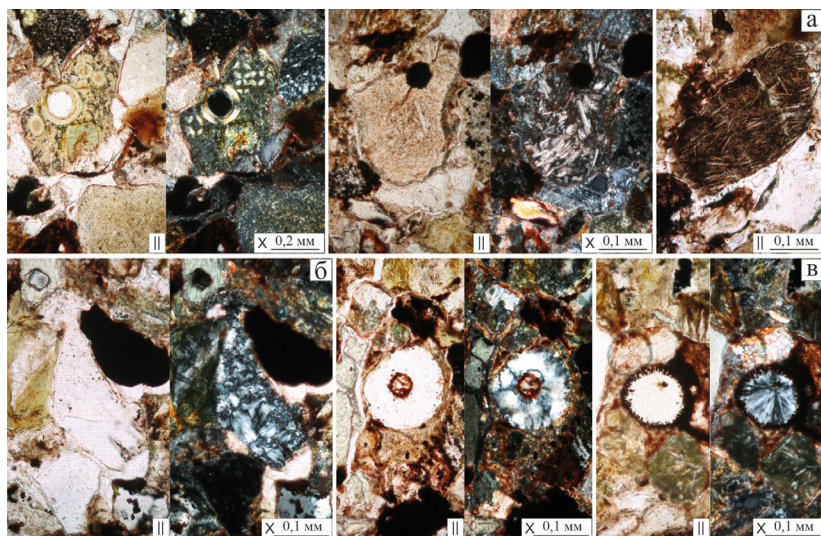


Рис. 6. Петрографические особенности пород ПЦТ

а – обломки эффузивных пород, в том числе хлоритизированные; б – халцедон-кремнистый и железненный обломки; в – псевдоморфозы халцедона по радиоляриям

*Ожелезненные обломки* имеют разнообразную форму – от окатанной до остроугольной. В проходящем свете непрозрачные, по периферии слегка просвечивают коричневым. В отраженном свете обломки охристо-желтого до красновато-оранжевого цвета, в некоторых индивидах видна первичная интерсертальная структура. По составу отвечают гидроксидам железа.

*Хлорит* наблюдается в виде зерен угловатой или таблитчатой формы. Окраска зерен в проходящем свете весьма неравномерная – пятнистая от зеленого до зелено-коричневого.

Цемент в породах ПЦТ преимущественно кальцитовый мелкокристаллический поровый. Распределен весьма неравномерно и составляет около 10–15 % породы. Реже в качестве цемента отмечается *анальцимовый* агрегат мелкокристаллический базально-поровый. Распределен по породе весьма неравномерно.

Особенности строения песчаных пород уфимского яруса Соликамской впадины ранее были рассмотрены Д.Е. Трапезниковым [2]. По смене вещественного состава обломочной части пород автором сделаны выводы об эволюции условий осадконакопления – от лагуновых и мелководных морских (соликамское время) до континентальных

озерных и речных (шешминское время). Учитывая результаты нашего исследования, можно добавить, что в соликамское время рассматриваемая территория представляла собой область хомогенной садки преимущественно карбонатного материала с периодическими осолонением (преобладание сульфатного материала и доломита) и привносом терригенных частиц. В шешминское время превалировало накопление механического осадка, причем существовало несколько источников его сноса – эффузивные и кремнистые породы, полевые шпаты, кварц и др. транспортировались с западного склона Урала, тогда как обломки известняков, в том числе органогенных, кальцитовые оолиты, кальцит, раковинный детрит, по-видимому, являлись продуктами разрушения близлежащей литорали.

Основные петрографические особенности пород соликамской свиты связаны главным образом с эвапоритовыми условиями седиментогенеза и последующими преобразованиями отложений на стадии диагенеза. Постепенное уменьшение солености вод в целом привело к снижению роли сульфатного материала в разрезе – от прослоев в СМТ до отдельных стяжений и пойкилокристаллов в ТКТ. Кроме того, последующая перекристаллизация ангидритовых пород привела к локальному образованию аутигенных кварц-халцедоновых конкреций и целестина. Образование альбита может быть связано с гидролизом глинистых минералов, которые также послужили и источником железа для окрашивания новообразованного альбита.

Локальное появление аутигенного анальцима в терригенных породах ПЦТ связано с преобразованиями входящих в их состав обломков эффузивов.

Немаловажную роль в разрезе играли процессы сульфатредукции. Известно, что в нормальных морских осадках уже на стадии раннего диагенеза, благодаря микробной сульфатредукции, начинает формироваться пирит [3]. В изученном нами разрезе пирит встречается повсеместно – от тонкой вкрапленности до отдельных крупных стяжений. Относительное увеличение его в некоторых интервалах прямо коррелируется с привносом флористических остатков. Наличие в осадке рассеянного органического вещества, сульфат-ионов, а также железосодержащих минералов создавали наиболее благоприятные условия для аутигенного образования пирита, в меньшем количестве – других сульфидов.

Петрографические особенности изученного разреза надсоляных пород позволили детализировать особенности осадконакопления в период заключительного распреснения территории Верхнекамского

эвапоритового бассейна.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от «29» декабря 2020 г. (рег. номер 122012000400-0)*

*Библиографический список*

1. Бубнова М.В., Чайковский И.И., Чиркова Е.П. Полиминеральные конкреции соляно-мергельной толщи Соликамской впадины // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2022. № 25. С. 18–26. DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.18.
2. Трапезников Д.Е. Сравнительная характеристика песчаных пород уфимского яруса в Соликамской впадине // Вестник Пермского университета. Геология Том 17, № 2 (2018) С. 97–104. DOI: <http://dx.doi.org/10.17072/psu.geol.17.2.97>
3. Berner R.A. Sedimentary pyrite formation: An update // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1984. V. 48., Iss. 4. P. 605–615.

SOME MICROSCOPIC FEATURES OF SUPRA-SALT ROCKS OF  
THE VERKHNEKAMSKOE SALT DEPOSIT (ROMANOVSKIY  
AREA)

**O.V. Korotchenkova**

*korotchenkova@mi-perm.ru*

A microscopic study was carried out on the supra-salt rocks of the southern part of the Verkhnekamskoe salt deposit. The study made it possible to reveal the petrographic features of non-salt rocks, as well as to detail the conditions for the formation of sediment after the completion of salt accumulation in the Verkhnekamskoe evaporite basin.

*Keywords: Verkhnekamsk salt deposit, petrography of ufimian formation.*