

УДК 552.54

М.В. Бубнова, И.И. Чайковский, Е.П. Чиркова
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫЕ КОНКРЕЦИИ СОЛЯНО-МЕРГЕЛЬНОЙ ТОЛЩИ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ

Охарактеризован минеральный состав и строение полиминеральных конкреций, в центре сложенных халцедоном, карбонатами и сульфатами по периферии. Их зональность, наличие включений раковин милиолид и отсутствие структур облегания свидетельствует об их метасоматической природе. Реконструирован эволюционный ряд конкреций (халцедон – халцедон-кальцит – халцедон-кальцит-гипс – халцедон-гипс), отражающий дифференциацию веществ по их растворимости. Высказано предположение о том, что приуроченность конкреций к верхней части соляно-мергельной толщи отражает смену в седиментационном бассейне сульфатно-кальциевых вод на гидрокарбонатно-кальциевые и может маркировать уровень нарушения экосистемы.

Ключевые слова: соляно-мергельная толща, минералогический маркер, метасоматическая дифференциация, конкреции.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.18

Изучение диагенетического конкреционного окремнения карбонатов проводилось и ранее многими исследователями, среди которых были А.А. Махнач и В.Т. Фролов [2, 3]. А.А. Махначом установлены два механизма их формирования – метасоматическое замещение карбонатного осадка и «расталкивание» (оттеснение) его зерен. Свидетельством первого процесса является наличие в кремнях замещенных карбонатных раковин и ходов илоедов. Второго: отсутствие реакционных контактов кремней с карбонатным субстратом, наличие в кремнях незамещенных раковин, существенная часть которых сконцентрирована на поверхности желваков, а также округлая форма кремней как результат стремления к наиболее энергетически выгодной организации вещества.

Согласно В.Т. Фролову [3], щелочной характер иловых вод приводит к растворению скелетных остатков и даже кварцевых зерен и появлению подвижного кремнезема. Вещество мигрирует через пористый и водонасыщенный осадок, а центрами осаждения чаще всего выступают микроучастки осадка с низкими рН, например, у останков организмов и других скоплений органического вещества, разложение которого генерирует органические кислоты и H_2CO_3 .

Объектом данного исследования являлись полиминеральные

существенно кремниевые конкреции размером от 0,5 мм до 9 мм в глинистых доломитовых известняках с реликтовой сульфатной минерализацией из прикровельной части соляно-мергельной толщи в скважинах № 1407, 1408, 1409 Соликамского участка ВКМС.

Валовый химический анализ вмещающих пелитоморфных пород и диагностика минеральных фаз, слагающих конкреции, выполнялись при помощи сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 TESCAN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 250/X-max 20 в Горном институте УрО РАН, г. Пермь. Для определения и уточнения названия пород была использована классификация карбонатных и глинисто-карбонатных пород по С.Г. Вишнякову [1].

Все встреченные конкреции локализованы в довольно узком интервале (около 25 м) в верхней части соляно-мергельной толщи (рис.1), которая сверху перекрывается терригенно-карбонатной толщей. Химический анализ вмещающих пород (табл.) и их пересчет на нормативные минеральные фазы позволил показать, что их состав отвечает глинистому доломитовому известняку с незначительной примесью сульфатного материала. Присутствовавшие ранее диагенетические желваки ангидрита в настоящее время замещены гипсом (иногда с кальциевой каймой) или ситовидным кварцем, кальцитом, реже гипсом.

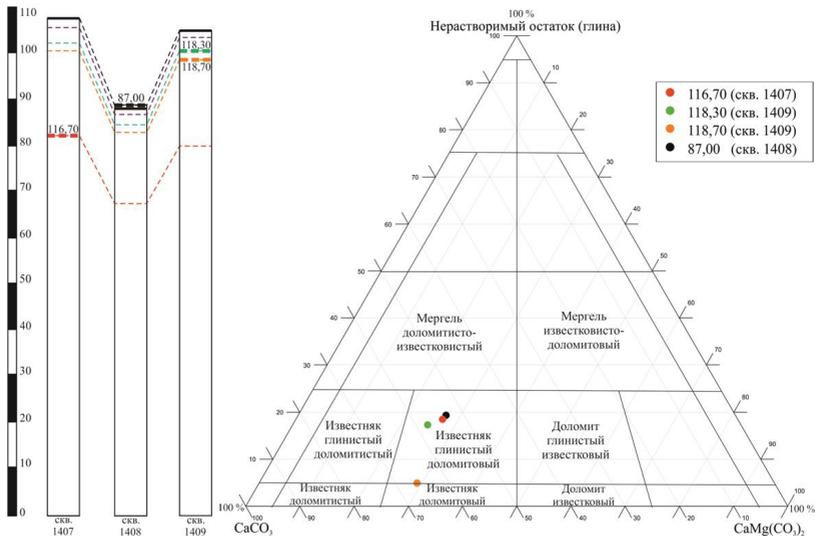


Рис. 1. Пространственное положение конкреций в разрезе соляно-мергельной толщи изученных скважин и нормативного вещественного состава вмещающих пород на диаграмме С.Г. Вишнякова [1]

Таблица

Валовый состав вмещающих пелитоморфных пород в мас. %

Элементы	скв. 1407	скв. 1408	скв. 1409	
	116,70 м	87,00 м	118,30 м	118,70 м
O	57,13	59,87	55,52	57,98
Na	0,35	0	0,68	0
Mg	10,81	10,38	9,86	11,83
Al	1,08	0,9	1,32	0,35
Si	7,37	7,35	6,86	2,02
S	0,45	0,38	0,57	0,7
Cl	0	0	0,57	0
K	0,35	0,33	0,47	0
Ca	21,78	20,28	22,89	26,75
Fe	0,69	0,51	1,28	0,37
Сумма	100	100	100	100

Нами изучено 95 конкреций, особенности их анатомии и минеральный состав. Они имеют концентрически зональное строение и представляют собой шарообразные и эллиптические образования, иногда формирующие гантелеобразные сростки в случаях их срастания (рис. 2).

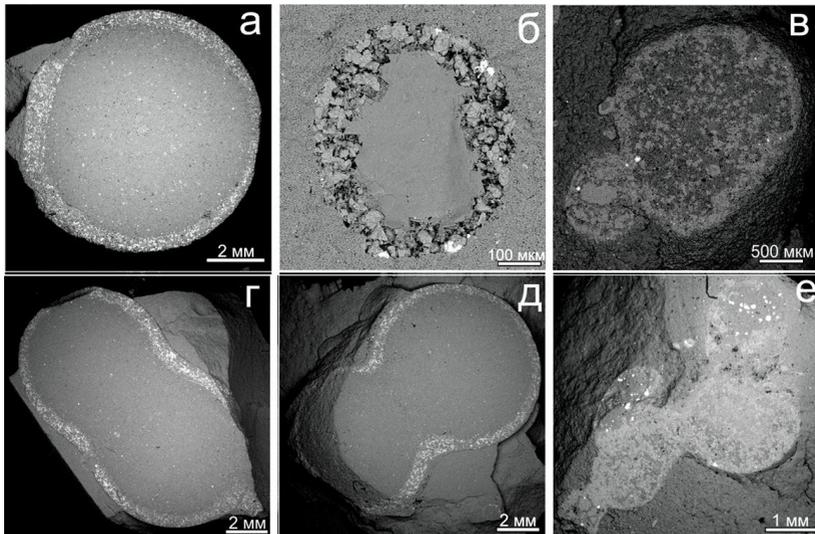


Рис. 2. Морфология конкреций: а – сферическая; б – эллиптическая; в-е – гантелевидная, за счет их срастания. Светлые включения представлены пиритом, сфалеритом, целестином и баритом

Зональное строение обусловлено неравномерным распределением минералов в конкрециях (рис. 3). Центральную часть большинства конкреций составляет плотный или пойкилитовый халцедон с вростками кальцита, реже доломита. На краю находится карбонатный и сульфатный материал в виде кальцитовый, реже гипсовой, каймы. Вариации минерального состава позволили реконструировать следующий ряд: халцедон – халцедон-кальцит – халцедон-кальцит-гипс – халцедон-гипс. Наряду с этими основными минералами могут присутствовать второстепенные фазы в виде вкрапленности пирита, сфалерита, барита и целестина, как в ядре, так и кайме (рис. 4).

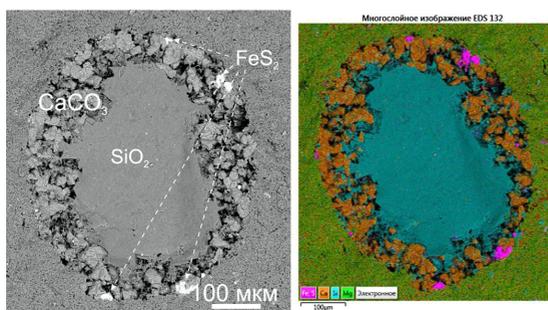


Рис. 3. Пример зонального распределения минералов и поэлементная карта одной из халцедон-кальцитовых конкреций с пиритом

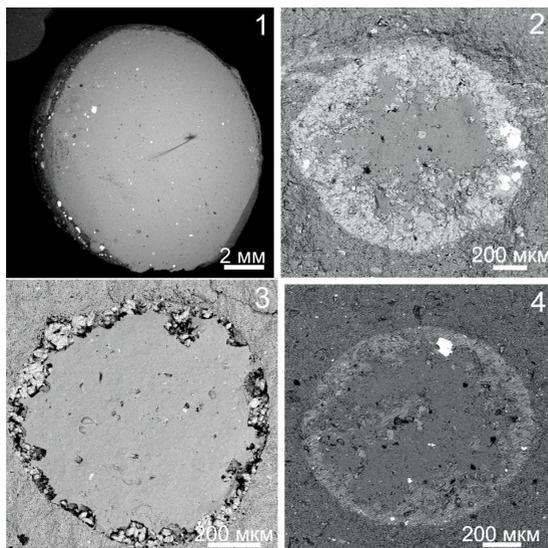


Рис. 4. Представительные конкреции халцедонового (1), халцедон-кальцитового (2), халцедон-кальцит-гипсового (3) и халцедон-гипсового (4) состава. Светлые включения представлены пиритом, сфалеритом, целестином и баритом

Гипс наряду с самостоятельной каймой в халцедон-гипсовых конкрециях может образовывать вкрапленность в кальцитовой кайме халцедон-кальцит-гипсовых стяжений. Нормативный сульфат кальция присутствует и в поровом растворе, который при вскрытии образует кристаллические высолы на поверхности карбонатного материала (рис. 5, 6).

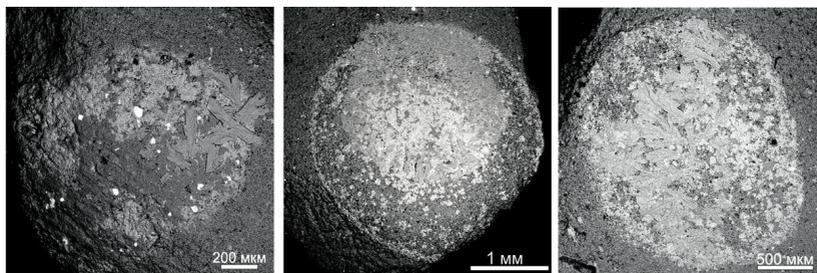


Рис. 5. Раскристаллизованные высолы гипса на кальцитовой кайме или вrostках кальцита. Светлые включения представлены пиритом, сфалеритом, целестином и баритом

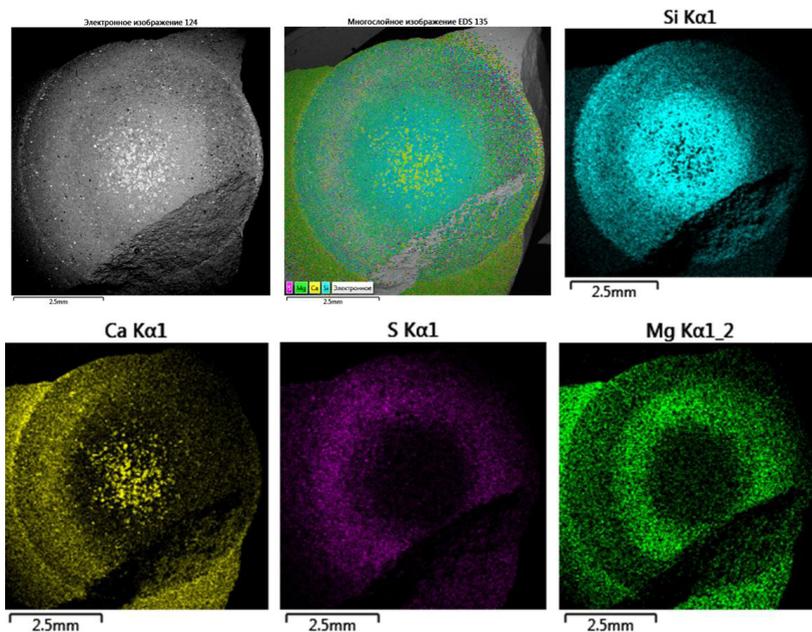


Рис. 6. Пример зонального распределения минералов и поэлементные карты

Наряду с преобладающими конкрециями, с существенно халцедоновым ядром, зафиксированы еще два типа стяжений. Первые содержат в центре сгустки, промежуточные зоны или обильную вкрапленность кальцита, реже отмечаются скопления в краевой части (рис. 7). Вторые характеризуются существенно кальцитовым составом и имеют полицентрически-зональное строение (рис. 8).

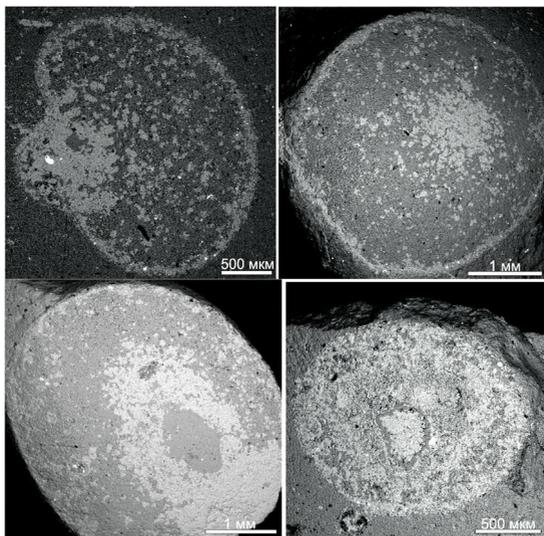


Рис. 7. Конкреции второго типа со сгустками и обильной вкрапленностью кальцита. Светлые включения представлены пиритом, сфалеритом, целестином и баритом

В центральной части ряда конкреций (скв. 1407, 116,70 м; скв. 1409, 118,30 и 118,70 м) встречаются мелкие (20–50 мкм) окремненные включения раковин, схожих с таковыми класса фораминифер отряда милиолида (*Miliolida*) (диагностика Т.В. Фадеевой, ГИ УрО РАН) (рис. 9).

Зональное строение конкреций, связанное с отложением кремнезема, растворением и переотложением карбонатного материала, наличием включений раковин и отсутствием структур облегания однозначно свидетельствует об их метасоматической природе. Зафиксированное присутствие внутри некоторых стяжений раковин милиолид позволяет предполагать, что разложение их органического материала могло послужить геохимическим барьером, благоприятным для осаждения кремнезема.

Выявленная зональность (халцедон в центре, карбонаты и сульфаты по периферии) позволила реконструировать эволюционный ряд конкреций (халцедон – халцедон-кальцит – халцедон-кальцит-гипс

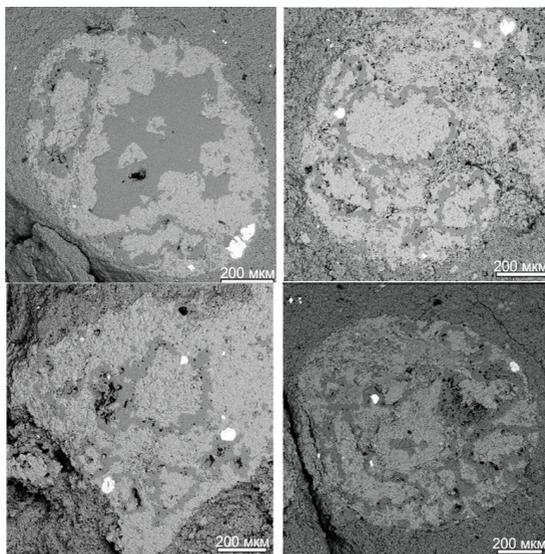


Рис. 8. Конкреции третьего типа с полицентрически-зональным строением существенно кальцитового состава. Светлые включения представлены пиритом, сфалеритом, целестином и баритом

– халцедон-гипс), отражающий дифференциацию веществ по их растворимости.

Нарушение этой зональности (конкреции 2 и 3-го типов) может быть связано с неэффективным выносом карбонатного материала, его перекристаллизацией и пространственной перегруппировкой (агрегацией) внутри стяжений. Возможен также захват крупными конкрециями более мелких.

Зафиксированное широкое присутствие сульфатов (барита, целестина, включений и высолов гипса,) и сульфидов в изученных конкрециях отражает высокое содержание сульфат-ионов в минералообразующих растворах. Именно присутствие сульфат-иона в осадке способствует разложению глинистых минералов с образованием свободной кремнекислоты как за счет гидролиза, так и экстракции металлов в результате сульфат-редукции [4].

Таким образом, выявленные полиминеральные стяжения на границе соляно-мергельной толщи, для которой характерны сульфатно-кальциевые воды, с терригенно-карбонатной, для которой типичны гидрокарбонатно-кальциевые, являются минералогическим маркером изменяющегося состава поровых вод, знаменующим

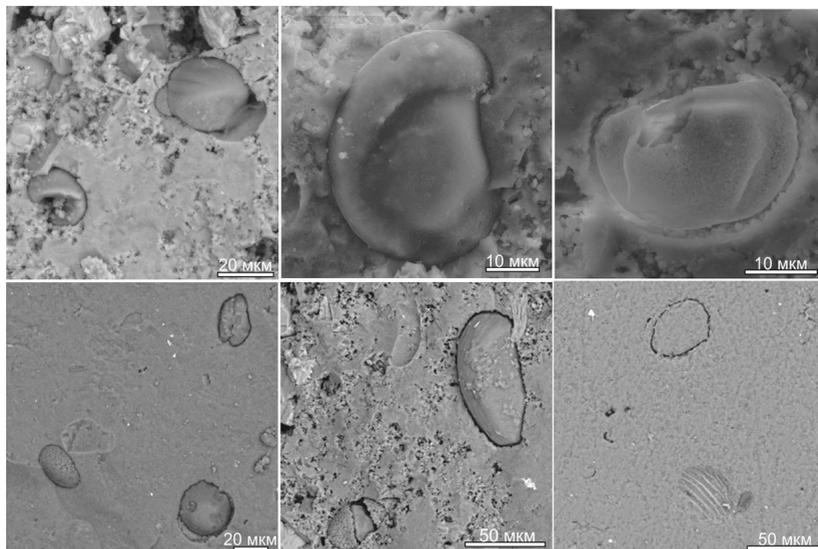


Рис. 9. Включения кремневых раковин в центре полиминеральных конкреций, схожих с таковыми класса фораминифер отряда милиолида (*Miliolida*)

существенное распреснение бассейна седиментации, и, вероятно, нарушение экосистемы.

Следовательно, соликамские полиминеральные образования в отличие от типичных мономинеральных кремнистых конкреций, формирующихся в карбонатных породах, являются результатом метасоматической дифференциации кремнистого, карбонатного и сульфатного материала в поликомпонентной среде. Можно предположить, что еще одним, пока не зафиксированным продуктом этой дифференциации, является трансформированный глинистый материал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29.12.2020 (рег. № НИОКТР АААА-А18-118040690031-5).

Библиографический список

1. Вишняков С.Г. Карбонатные породы полевое исследование их пригодности для известкования почвы // Карбонатные породы Ленинградской области, Северного края и Карельской АССР. Вып. 2. М.; Л., 1933.
2. Махнач А.А. Стадиальный анализ литогенеза. – Минск: БГУ, 2000, 255 с. С. 87, 91, 97.
3. Фролов В.Т. Литология. Кн. 1: Учеб. пособие. – М.: МГУ, 1992, 336 с.
4. Чиркова Е.П., Чайковский И.И. О роли сульфат-редукции в минералообразовании на Верхнекамском месторождении солей // Проблемы минералогии, пе-

трографии и металлогении. Сб. науч. статей. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2012. Вып. 15. с.79-84.

POLYMINERAL NODULES FROM THE SALT-MARL SEQUENCE
OF THE SOLIKAMSK DEPRESSION

M.V. Bubnova, I.I. Chaikovskiy, E.P. Chirkova

ilya@mi-perm.ru

The mineral composition and structure of polymineral nodules, composed of chalcedony in the center, carbonates and sulfates along the periphery, are characterized. Their zoning, the presence of inclusions of miliolid shells, and the absence of encasing structures testify to their metasomatic nature. The evolutionary series of nodules (chalcedony - chalcedony-calcite - chalcedony-calcite-gypsum - chalcedony-gypsum) has been reconstructed, reflecting the differentiation of substances according to their solubility. It has been suggested that the confinement of nodules to the upper part of the salt-marl strata reflects the change in the sedimentation basin of sulfate-calcium waters to bicarbonate-calcium and may mark the level of extinction of organisms that prefer high salinity.

Keywords: salt-marl strata, concretions, metasomatic differentiation, mineralogical marker of ecological crisis.