

ЛИТОГЕНЕЗ '23

18 - 23 Сентября
Воронеж, Россия



МАТЕРИАЛЫ

X Международного совещания

**«Литогенез и минерагения
осадочных комплексов
докембрия и фанерозоя
Евразии»**

Совещание проводилось при финансовой
поддержке ООО «Формматериалы»,
г.Воронеж и Ассоциации
Недропользователей Черноземья,
г.Воронеж



УДК 551 : 553
ББК 26.348
Л 64

Л 64 **Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии.** Материалы X Международного совещания по литологии (г. Воронеж, ВГУ, 18–23 сентября 2023 г). / Воронеж, 2023. – 528 с.

ISBN 978-5-907669-37-6

Редакторы: Ю.О. Гаврилов, А.Д. Савко

Ответственные за выпуск: А.В. Крайнов, С.В. Бондаренко

Аннотация. В сборнике представлены материалы по изучению процессов гипергенеза, образующих формацию коры выветривания и полезные ископаемые, связанные с ней. Большой раздел посвящен седиментогенезу и его эволюции в истории Земли, включающие тектонические, физико-географические, биогенные, вулканогенные факторы, геохимию осадочного процесса и фациальный анализ. Рассмотрены современные подходы к реконструкции палеогеографических обстановок в истории Земли с широким использованием литогеохимических методов. На основе стадийного анализа показана роль постседиментационных процессов в литогенезе осадочных и вулканогенно-осадочных толщ. В серии статей по эволюционной минерагении охвачен широкий круг металлических и неметаллических полезных ископаемых. Это железные и марганцевые руды, бокситы, полиметаллы, титан-циркониевые россыпи, редкие и редкоземельные элементы, каолины, калийные соли и другие виды минерального сырья. Особое место уделено формированию залежей углеводородов в процессах литогенеза, в том числе нефти, горючих сланцев и битумов. Приводятся характеристики коллекторов разновозрастных толщ, рассматриваются закономерности размещения в них залежей УВ

УДК 551 : 553
ББК 26.348

ISBN 978-5-907669-37-6

© Макарихин И.Н. (верстка), 2023
© Издательство «Цифровая полиграфия», 2023

Lithological features of the Krasnoe deposit (Irkutsk region)

Fursov A.I., Zhuravlev K.A., Natsvin I.K.

Voronezh State University, Russia, 394018, Voronezh, Universitetskaya pl. 1, anton87f@gmail.com

Gold is a strategic metal that determines the state of the country's economy. Global gold production will increase by 1.8% in 2024, to 3,750 tons. Starting from 2025, global gold supplies will be relatively stable at about 4,800 tons, experts predict. Growth in gold output is mainly due to the involvement in the processing of refractory ores and the use of new technologies. The work is devoted to the study of the material composition and lithology of the Krasnoye gold deposit. The relevance to this deposit is caused by the huge ore potential and high technological complexity due to the content of carbonaceous matter.

Keywords: Krasnoye deposit, lithology, gold

УДК 552.086

Использование катодолюминесцентной микроскопии для выявления постседиментационной эволюции карбонатных пород-коллекторов

Хаюзкин А.С., Кольчугин А.Н., Морозов В.П., Андрушкевич О.Ю.

Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Россия, 420111, г. Казань, ул. Кремлевская, 4, ASKhayuzkin@kpfu.ru

В настоящей работе приведены данные по оценке процессов постседиментационной эволюции карбонатных пород-коллекторов турнейского и московского яруса, развитых в пределах Республики Татарстан, с применением метода катодолюминесцентной микроскопии. В известняках-пакстоунах кизеловского и черепетского горизонтов турнейского яруса обнаружены признаки неоднократной перекристаллизации и кальцитизации. На это указывает присутствие в породах спарита первой и второй генерации, который залечивает пустотное пространство, а также замещает цемент и органические остатки. В то же время спарит, образованный при реализации названных процессов, кристаллизовался из поровых растворов разного химического состава и/или в различных окислительно-восстановительных условиях, что отразилось на цвете люминесценции кальцитов. Известняки-пакстоуны верейского горизонта московского яруса подверглись только процессам перекристаллизации. Выявленные в них спариты первой и второй генерации кристаллизовались в резко отличных друг от друга условиях. Так, в спарите второй генерации, вследствие присутствия элементов-гасителей в кристаллической решетке минерала, люминесценция не обнаруживается. Изученные известняки-пакстоуны упино-малевского горизонта турнейского яруса претерпели лишь процессы вторичной доломитизации. Зерна вторичного доломита кристаллизовались в условиях меняющейся среды кристаллизации, что выразилось в формировании зональности доломитовых зерен.

Ключевые слова: катодолюминесценция, карбонатные породы.

Катодолюминесцентная микроскопия является инструментом для выявления различных фаз преобразования пород, а также изучения эволюции пористости в осадочных породах (Hiatt and Pufahi, 2014). В карбонатах катодолюминесценция решает задачи определения постседиментационной эволюции зерен, цемента и пористости пород, в определенной степени позволяет ответить на вопрос химизма среды (pH; Eh), в которой кристаллизовались карбонатные минералы (Barnaby and Rimstidt, 1989).

Объектами исследования являлись образцы известняков, классифицируемые под оптическим микроскопом как пакстоуны (Dunham, 1962). Описание образцов, включая стратиграфические и тектонические привязки приведены в таблице 1.

Методика пробоподготовки была основана на изготовлении утолщенных полированных шлифов из образцов карбонатного керна, методика исследования – на выявлении степени и характера свечения кальцита, вызванного возбуждением атомов кристаллической решетки минерала бомбардирующими электронами. Очередность кристаллизации кальцитов определялась по их взаимоотношению в породе.

Катодолюминесценция проводилась с помощью оптического микроскопа с «горячим катодом» (тип HC1-LM) в Казанском федеральном университете, Института геологии и нефтегазовых технологий. Ускоряющее напряжение электронного пучка составляло 14 кВ, а ток пучка устанавливали на уровне,

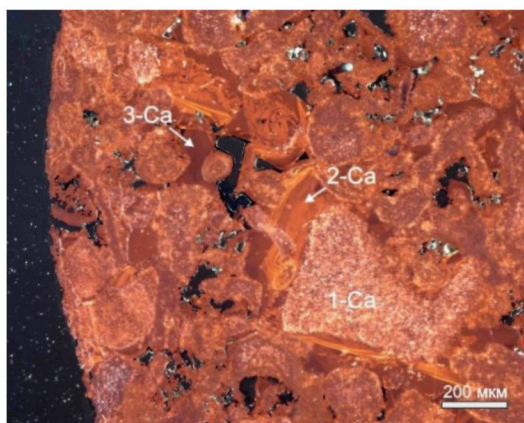
обеспечивающем плотность тока ~ 9 мкА/мм² на поверхности образца. Перед проведением исследований препараты напылялись углеродом.

Табл.1. Изученные образцы

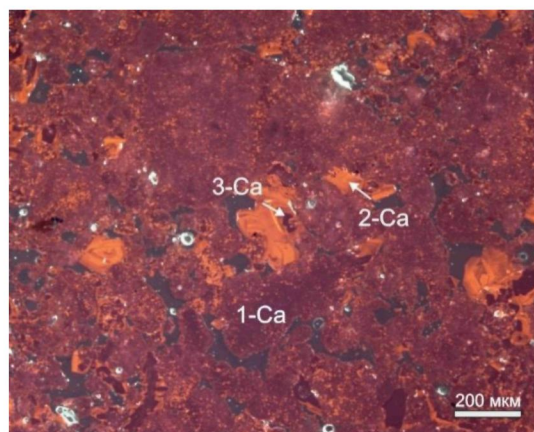
№ п/п	Тектоническая привязка	Стратиграфическая привязка	Глубина отбора, м	Характер нефтенасыщения
1	С-В борт Мелекесской впадины	Турнейский ярус, кизеловский горизонт	1558,9 м	Равномерно нефтенасыщен
2	С-В склон Южно-Татарского свода	Турнейский ярус, черепетский горизонт	1252,1 м	Без признаков углеводородов
3	3 склон Южно-Татарского свода	Московский ярус, верейский горизонт	813,2 м	Без признаков углеводородов
4	С склон Южно-Татарского свода	Турнейский ярус, упино-малевский горизонт	1156,7 м	Равномерно нефтенасыщен

По результатам исследований выявлено, что в известняках-пакстоунах турнейского яруса кизеловского горизонта, приуроченных к северо-восточному борту Мелекесской впадины обнаруживается кальцит трех генераций. Первый тип кальцита представлен микритом, слагающим цемент и матрикс карбонатной породы, а также органические остатки и их обломки (рис. 1). Кальцит второй генерации представлен кристаллами спарита, обрамляющего органические остатки, а участками – полностью замещающий их. Такой кальцит при люминесценции обладает ярко оранжевым цветом. Кальцит третьей генерации представлен кристаллами спарита, залечивающим пустотность карбонатной породы и занимающем периферийное положение при обрастании органических остатков спаритом.

Реконструкцию эволюции пород (образец 1) можно представить в виде следующей цепочки: захоронение микрита – реализация процессов выщелачивания – образование спарита второй генерации (светло-оранжевый) – образование спарита третьей генерации (темно-оранжевый).



образец 1



образец 2

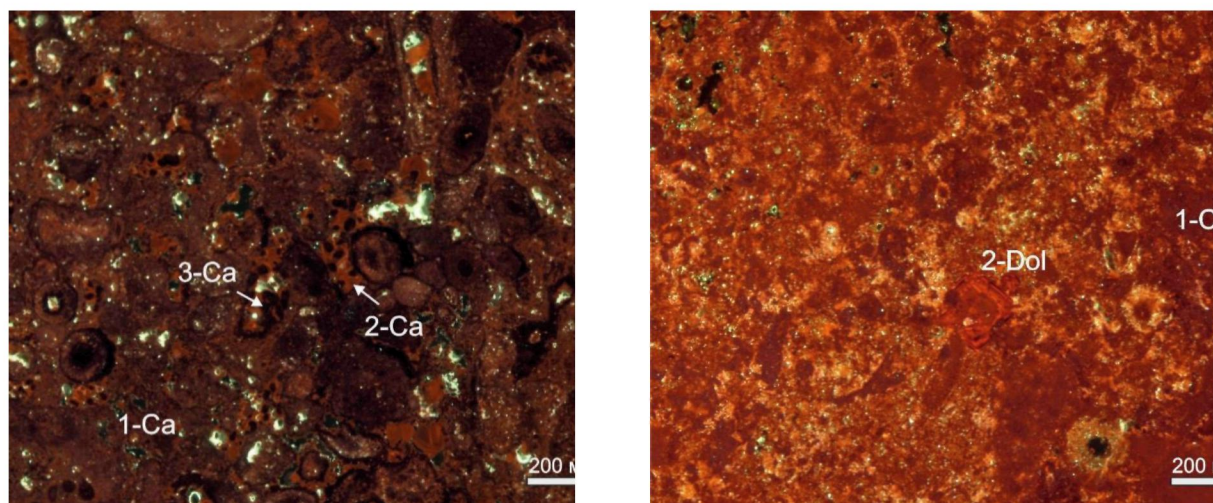
Рис 1. Фотографии катодолюминесценции образцов. Фото: Котлер П.Д.

Известняки-пакстоуны турнейского яруса черепетского горизонта, приуроченные к северо-восточному склону Южно-Татарского свода сложены кальцитом трех генераций (рис. 1): микрит и органические остатки, а также спарит первой (светло-оранжевый) и второй генерации (бурый). Согласно полученным изображениям, кристаллизация кальцитов первой и второй генерации проходила из поровых растворов с сильно различным содержанием Mn и Fe. На это указывает сильная разница в цвете люминесценции.

В известняках-пакстоунах московского яруса верейского горизонта также обнаруживается кальцит трех генераций (рис.2). Особенностью кальцитов верейского горизонта является отсутствие люминесценции спарита 3 генерации: в его кристаллической решетке присутствуют элементы-гасители. При определенных окислительно-восстановительных условиях ими могут являться Mn^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+4} , Fe^{+3} . Для точного определения валентности элементов, гасящими люминесценцию кальцита необходимо проведение спектрального анализа. Кроме того, проведение спектрального анализа позволит провести реконструкцию условий кристаллизации спарита с определением окислительно-восстановительных условий.

В известняках-пакстоунах упино-малевского горизонта северного склона Южно-Татарского свода обнаруживается кальцит одной генерации (микрит) и вторичный доломит (рис. 2). Зональность доломита показывает изменчивость состава поровых растворов во времени.

Таким образом, в изученных известняках-пакстоунах обнаружены кальциты разных генераций, идентифицируемых, главным образом, по цвету люминесценции. Изученные известняки-пакстоуны кизеловского и черепетского горизонтов турнейского яруса претерпели неоднократные процессы кальцитизации и перекристаллизации, идентифицируемые по различным цветам люминесценции кальцита (микрита и спарита). На это указывает характер распределения кристаллов спарита первой и второй генерации, залечивающих пустотное пространство, а также, участками замещающих микрит и органические остатки.



образец 3
образец 4
Рис 2. Фотографии катодолуминесценции образцов. Фото: Котлер П.Д.

Изученные известняки-пакстоуны верейского горизонта московского яруса подверглись процессам перекристаллизации, так как обнаруженные зерна спарита лишь залечивают пустотность. Кроме того, кристаллы спарита обладают выраженной зональностью, обусловленной изменением химического состава поровых растворов и/или окислительно-восстановительных условий на заключительных стадиях.

В изученных известняках-пакстоунах упино-малевского горизонта турнейского яруса процессы кальцитизации и перекристаллизации обнаружены не были. В то же время, в известняках обнаружены процессы вторичной доломитизации, которые также проходили с изменением химического состава поровых растворов на что указывает зональность зерен доломита.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2023-0014.

Литература

- Barnaby, R.J. Redox conditions of calcite cementation interpreted from Mn and Fe contents of authigenic calcites / Barnaby R.J., Rimstidt J.D. // Geol. Soc. Am. – 1989. - № 101. – P. 795–80.
- Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture: Classification of carbonate rocks. Bull. amer. Assoc. Petrol. geol. – 1962. - № 1. – P. 108–121.
- Hiatt E.E. Cathodoluminescence petrography of carbonate rocks: application to understanding diagenesis, reservoir quality, and pore system evolution: in Coulson / Hiatt E.E., Pufahl P.K. // Cathodoluminescence and its application to geoscience: Mineralogical Association of Canada, Short Course Series. – 2014. - № 45. – P. 75-96.

Using cathodoluminescence microscopy to identify the post-sedimentary evolution of carbonate reservoir rocks

Khayuzkin A.S., Kolchugin A.N., Morozov V.P., Andrushkevich O.Y.

Kazan Federal University, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Russia, 420111, Kazan, st. Kremlin, 4, ASKhayuzkin@kpfu.ru

This paper presents data on the evaluation of the processes of post-sedimentary evolution of carbonate reservoir rocks of the Tournaisian and Moscovian stages, developed within the Republic of Tatarstan, using the method of cathodoluminescence microscopy. Recrystallization and calcitization were found in packstone limestones of the Kizelovsky and Cherepetsky horizons of the Tournaisian stage. It is represented by sparite of the first and second generation, which heals the pore space and replaces cement and organic residues. This sparite crystallized from pore solutions of different chemical composition and/or under different redox conditions, which was reflected in the calcite luminescence color. Recrystallization processes are found in packstone limestones of the Vereya horizon of the Moscovian stage. The first and second generation sparites crystallized under different conditions. So, in the second generation sparite, due to the presence of quenching elements in the crystal lattice of the mineral, luminescence is not detected. In the studied packstone limestones of the Upino-Malevsky horizon of the Tournaisian stage, processes of secondary dolomitization were found. Grains of secondary dolomite crystallized under conditions of a changing crystallization environment, which resulted in the formation of zoning of dolomite grains.

Keywords: cathodoluminescence, carbonate reservoir rocks

УДК 551.8

Асимметрия морфологии и гиперпикнальный генезис турбидитов ачимовской толщи Западной Сибири

Храмцова А.В.¹, Зверев К.В.²

1 – ООО «Тюменский нефтяной научный центр». Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская, 19, avkhramtsova@rosneft.ru

2 – ООО «Газпромнефть Научно-Технический Центр». Россия, 190000, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 75-79, Zverev.KV@gazpromneft-ntc.ru

На основании изучения кернового материала ачимовской толщи и результатов сейсморазведки 3D по многим площадям Западной Сибири установлена различная морфология глубоководных конусов выноса (радиальная, вытянутая и асимметричная) в зависимости от рельефа приемного бассейна, количества и размера зерен поступающих осадков и источников питания, угла наклона склона. Повсеместное присутствие в песчаниках и алевролитах углистого детрита, обломков древесины, впадение русловых систем на краю шельфа в головную часть подводных склоновых каньонов, прорезающую бровку шельфа свидетельствует о речном питании подводных конусов выноса. Практически все каньоны, в устье которых у подножия склона присутствуют крупные подводные конусы вноса, имеют гиперпикнальный генезис.

Ключевые слова: экстрабассейновые турбидиты, гиперпикниты, глубоководные конусы выноса

В настоящее время одним из основных объектов для наращивания углеводородного потенциала в арктических районах Западной Сибири является неокомский клиноформный комплекс. В раннеокомское время, в эпиконтинентальном морском бассейне Западной Сибири формировались относительно глубоководные конусы выноса ачимовской толщи различной морфологии (вытянутой, радиальной, асимметричной). Установлено, что песчано-глинистые и глинистые подводные конусы выноса (Reading, Richards, 1994) часто проявляют левостороннюю асимметрию, выражающуюся в предпочтительном развитии отклонении распределительных каналов с левой стороны от основного питающего турбидитового канала (рис. 1).

Предполагается, что левосторонняя асимметрия подводных конусов выноса ачимовской толщи связана с вращением Земли (силой Кариолиса) и палеорельефом приемного бассейна (Khramtsova, Zverev, 2022). Асимметричное распределение турбидитовых каналов по латерали предполагает наличие более высоких значений эффективных толщин вдоль левобережья от основного питающего турбидитового канала, чем в его правобережье.

Накопленный фактический материал по данным сейсморазведки 3D, геофизическим исследованиям скважин (ГИС) и керновому материалу ачимовской толщи свидетельствует о формировании большей части подводных конусов выноса гиперпикнальными (экстрабассейновыми) турбидитовыми потоками, а не классическими (интрабассейновыми) турбидитовыми течениями.

Источником для классических (интрабассейновых) турбидитов являются отложения, расположенные на подводном слоне внутри самого морского бассейна. Питание гиперпикнальных (экстрабассейновых) турбидитовых потоков осуществляется за счет разгрузки осадка речным потоком в периоды паводков. В пользу формирования турбидитов гиперпикнальными потоками свидетельствует повсеместное многочисленное содержание в песчаниках и алевролитах ачимовской толщи растительного детрита и обломков древесины (рис. 2).