

ректным способом оконтуривания была бы экстраполяция на половину расстояния между скважинами.

При анализе сопоставимости коэффициента нефритоносности и содержания сортового нефрита по поверхности и на глубину выявлены следующие расхождения. В среднем, по месторождению коэффициент нефритоносности изменился на -7.82% , показатель сортности нефрита практически не изменился, хотя значения расхождения коэффициента нефритоносности по отдельным залежам варьируют от -30.77 до $+12.82\%$. По результатам сопоставления нефрита-сырца добыто (с учетом потерь) больше, чем утверждено ГКЗ, на 21.3% , а сортового нефрита на 18.1% . Уменьшение запасов в контуре обработки составило 15.9% по нефриту-сырцу и 16.5% – по сортовому. Принятая на месторождении плотность разведочной сети, принципы оконтуривания тел и методика подсчета позволяют выявить в процессе ГРП запасы категории C_2 .

Литература

Гомбоев Д. М., Андросов П. В., Кислов Е. В. Кавоктинское месторождение светлоокрашенного нефрита: условия залегания и особенности вещественного состава // Разведка и охрана недр. 2017. № 9. С. 44–50.

Методические рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: ФГУ ГКЗ, 2007. 30 с.

В. И. Лысенко¹, О. Б. Азовскова², Т. В. Михайличенко³, С. И. Меренкова¹

¹ – *Московский государственный университет, филиал в Севастополе*
Niagara_sev@mail.ru

² – *Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург*

³ – *Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь*

Особенности палеодегазации миоцена в юго-восточной части Паратетиса по результатам изучения геохимии гераклитов

В настоящее время имеется обширная научная литература о современных процессах «холодной» углеводородной дегазации в океанах, морях и на озере Байкал, где рядом с выходами углеводородов находятся залежи газогидратов, оазисы жизни и аутигенные карбонатные постройки. Часто такие постройки и их обломки свидетельствуют о процессах поступления углеводородов в прошлом. Материал карбонатных бактериальных строений обладает повышенной твердостью и хорошо сохраняется в иловых донных отложениях. Такие находки следов палеодегазации из терригенной толщи миоцена юго-западного Крыма получили название гераклиты, или карбонатные палеопостройки бактериальных сообществ миоцена [Лысенко, Цельмович, 2017]. Данная работа знакомит с результатами геохимических исследований различных морфологических разновидностей гераклитов для решения вопросов генезиса процессов углеводородных палеофлюидов миоцена и их роли в образовании карбонатного вещества гераклитов.

Геохимические анализы гераклитов разной морфологии и окраски (восемь проб) выполнялись в лаборатории Института геологии и геохимии УрО РАН г. Екатеринбург методом ИСП МС. Также изучена геохимия нерастворимого кислотного остатка гераклитов, для чего карбонатный материал гераклитов растворялся в уксусной кислоте. Промытый и высушенный осадок анализировался методом ИСП МС в лаборатории Института минералогии УрО РАН, г. Миасс.

Гераклиты состоят из кальцита (85–95 %), доломита и кварца (5–15 %) и тяжелых углеводородов (<1–2 %) и характеризуются повышенными содержаниями Cu, Zn, Ag, В, Вг, Р, Zr и Ti, чем отличаются от вмещающих известняков [Лысенко, Цельмович, 2017]. Такой спектр элементов-примесей объясняется полигенным составом гераклитов, включающим детрит, хемогенный кальцит, карбонат бактериального синтеза, терригенное и метеоритное вещество, а также тяжелую и легкую нефть и углеводородный биогенный материал.

Данные ИСП МС анализов подтвердили, что гераклиты характеризуются повышенным содержанием литофильных, халькофильных, сидерофильных и редкоземельных (РЗЭ) элементов. Все их морфологические разности характеризуются высокими концентрациями Sr, Ba, Co, Ni, Bi, Ce, Nd и Yb, которые значительно превышают кларковые величины для карбонатных пород [Интерпретация..., 2001]. Абсолютные содержания химических элементов в морфологических и цветных разностях гераклитов характеризуются значительными колебаниями. Концентрации Rb, Cs, Nb, Th, Cu, Tl, As, Sc, Sb, Eu, Gd, Tb, Dy и Er в некоторых морфологических разностях выше кларка в карбонатных породах, а в других – наблюдается их дефицит. Наиболее низкие значения содержаний по сравнению с кларком карбонатных пород характерны для транзитных Ti, V, Mn, Cr и литофильных Sc, Y, Zr, W, U, Th.

Наблюдается некоторая зависимость концентраций элементов от цветовой окраски. Обычно черные гераклиты характеризуются более высокими содержаниями химических элементов, что, возможно, связано с повышенными содержаниями в них углеродистого вещества и тяжелых битумов. При изучении минерального состава гераклитов под электронным микроскопом Tescan Vegall с приставкой ЭДС «Drucool» установлено, что большая часть участков, обогащенных микро- и наноразмерными минералами, приурочена к зонам с повышенным содержанием углеродистого вещества. Гераклиты характеризуются богатой минеральной ассоциацией, представленной самородными металлами, окислами, сульфидами, сульфатами, фосфатами, хлоридами, силикатами и, возможно, карбидами [Лысенко, Цельмович, 2017]. Можно предположить, что большая часть контрастных аномальных содержаний обусловлена присутствием минералов-концентраторов, а реже – наличием изоморфных примесей в кальците.

Все типы гераклитов характеризуются высокими содержаниями Ba (84.4–319 г/т) и Sr (620.1–5453.5 г/т), что связано с присутствием баритоанглезита, баритоцелестина, целестина и барита [Лысенко, Цельмович, 2017]. Соотношение Sr к Ba изменяется от 6 до 53 и это, возможно, связано с неравномерным распределением баритовой минерализации. Повышенные концентрации Ba характерны для современных карбонатных строений около холодных сипов в морях и океанах, поэтому большинство исследователей считают, что их аномальные содержания связаны с глубинными флюидами [Юдович, Кетрис, 2011]. Если абсолютные содержания Ba в кислотном остатке увеличились почти в 10 раз, то Sr – уменьшилось на такой порядок. Возможно, это является доказательством того, что большая часть Sr входит в состав кальцита в виде изоморфной примеси.

Аномальные содержания Rb (0.58–13.32 г/т) характерны для угловатых гераклитов и микрометанолитов независимо от окраски. С ними связаны повышенные концентрации щелочных элементов Cs (0.08–1.45 г/т) и Li (0.38–1.6 г/т). Между содержаниями Rb и Cs имеется слабая прямая зависимость. Повышенные содержания щелочных металлов, возможно, связаны с глубинными флюидами, которые транзитом проходят через гранитный слой земной коры. Это подтверждают результаты кислотного остатка гераклитов, в них содержания Rb, Cs и Li в 20–40 раз выше, чем в карбонатном материале, что связано с нахождением значительной части этих элементов в тяжелых углеводородах.

Содержание U в гераклитах изменяется от 0.579 до 2.096 г/т, что значительно меньше кларка карбонатных пород. Обычно образование таких низких концентраций в карбонатах происходит в оксидной среде [Юдович, Кетрис, 2011]. Содержания U положительно связаны с содержанием Zr. Считается, что U сорбируется из морской воды, поэтому, возможно, его концентрация является индексом скорости роста гераклитов различной морфологии. Отношение U/Th в гераклитах изменяется от 0.9 до 2.1, что подтверждает кислородную среду формирования карбонатного материала [Юдович, Кетрис, 2011].

Концентрация Ti в гераклитах изменяется от 42 до 170 г/т, что меньше кларка содержания в известковых породах. Содержания Ti связаны с присутствием в гераклитах микрокристаллов ильменита, рутила и титанита. Его повышенные содержания характерны для самородного железа и интерметаллидов [Лысенко, Цельмович, 2017]. Некоторые исследователи считают, что отношение Ti/Zr указывает на дальность переноса материала [Юдович, Кетрис, 2011]. У гераклитов это соотношение изменяется от 14 до 22, что доказывает их образование в местах выходов флюидов.

Содержание V в гераклитах изменяется от 1.4 до 3.7 г/т. Его концентрация зависит от цвета породы. Отношение V/Ni изменяется от 0.05 до 0.21, что обычно характерно для тяжелых смолянистых нефтепродуктов, которые содержатся в гераклитах. Отсутствие связи между V и Cr доказывает, что накопление этих элементов в гераклитах не связано с осадочным гипергенезом [Юдович, Кетрис, 2011]. Отношение V/Zr изменяется в довольно узком диапазоне (0.4–0.7), что дополнительно указывает на глубинный характер поступления микроэлементов. Подтверждением оксидной обстановки формирования карбонатного материала гераклитов является отношение V/Cr, которое изменяется от 0.33 до 0.76. Считается, что если данный индикатор меньше 1, то образование гераклитов происходило в кислородной среде [Юдович, Кетрис, 2011].

Гераклиты характеризуются незначительными концентрациями Mn. Не обнаружена связь между содержанием Mn, Li, Ba и PЗЭ, что указывает на разные условия образования конкреций и гераклитов [Юдович, Кетрис, 2011]. Содержания Mn в гераклитах различной морфологии зависят от цвета и изменяются от 32.9 до 214 г/т, что значительно меньше кларка для карбонатов. В трещинах гераклитов наблюдаются налеты гидроокислов железа и марганца, которые являются концентраторами Mn. Отношение Mo/Mn изменяется от 0.0001 до 0.004, указывая на оксидные условия формирования гераклитов в шельфовой зоне [Юдович, Кетрис, 2011]. Обычно в мелководной зоне карбонатные породы характеризуются высоким содержанием Mn, а низкие концентрации Mn в гераклитах можно объяснить высокими скоростями их роста на шельфе.

Ni и Co в гераклитах содержатся в концентрациях значительно выше кларка их содержаний в карбонатных породах. Никель в гераклитах (17–40 г/т) встречается в виде самородного металла, изоморфных примесей в метеоритном веществе, силикатах и интерметаллидах [Лысенко, Цельмович, 2017]. Кобальт (2.6–6.8 г/т) содержится в виде изоморфной примеси в силикатах и интерметаллидах. Отношение Ni/Co варьирует от 6 до 8, что подтверждает влияние гидротермальных флюидов на образование гераклитов [Юдович, Кетрис, 2011].

Распределение РЗЭ часто позволяет реконструировать физико-химическую и тектоническую обстановку накопления и формирования карбонатных отложений. Образование карбонатного вещества гераклитов связано с хемогенным бактериальным синтезом около зон глубинной дегазации, что подтверждается высокими содержаниями суммы РЗЭ (9.3–26.6 г/т). Для всех разновидностей гераклитов характерны высокие содержания Ce, Nd и Yb, которые значительно выше кларков в карбонатных породах [Интерпретация..., 2001]. Содержания, близкие к кларку, свойственны Eu, Dy, Sm, Er и Gb. Значительный разброс содержаний РЗЭ гераклитов, возможно, связан с нахождением в их составе микровкрапленников минералов: цериевого монацита, рабдофана, козоита, калкинсита, кальциоанкилита и сахамалита [Лысенко, Цельмович, 2017]. Возможно, некоторый вклад в содержание РЗЭ вносят изоморфные примеси из циркона, сфена, кальцита и тяжелых нефтепродуктов. Отношение суммы LREE_н к HREE_н (нормированных по карбонатным породам) [Интерпретация..., 2001] составляет 6.2–12.7, что доказывает влияние на формирование гераклитов флюидов, связанных с кислыми магматическими породами [Юдович, Кетрис, 2011]. В то же время, высокие аномальные содержания Eu* от 1.2 до 1.9 доказывают глубинность поступления флюидов из нижней части земной коры [Юдович, Кетрис, 2011]. Аномальные концентрации Gd, Tb, Dy, Ho, Er и Yb в некоторых гераклитах позволяют предположить, что формирование флюидов сложного состава происходило в мантийных породах и изменялось при транспортировке к поверхности Земли. На образование гераклитов в зонах выходов гидротермальных источников указывает соотношение Y/Ho, которое изменяется от 24 до 36 [Юдович, Кетрис, 2011]. Коэффициентом проницаемости земной коры является отношение Eu/Sm [Юдович, Кетрис, 2011]. Для гераклитов этот параметр изменяется от 0.24 до 0.43, что указывает на среднюю или хорошую проницаемость углеводородных флюидов в зонах региональных разломов Горного Крыма.

Таким образом, главным компонентом для создания карбонатного вещества прокариотами являются глубинные флюиды, которые имеют сложный газовый состав. Газовые флюиды сопровождалось поступлением гидротермальных растворов с тяжелыми нефтепродуктами, которые, возможно, переносили металлы [Лысенко, Цельмович, 2017]. В восстановительной среде метана и сероводорода образование карбоната гераклитов происходило вблизи или внутри клеточного организма прокариот в окислительных условиях. Существование оксидной среды подтверждают соотношения химических элементов U/Th, V/Cr и Mo/Mn. Низкие содержания U, Ti, Mn и Zr связаны со значительными скоростями роста карбонатного вещества гераклитов. Характер накопления Mn, U, Th, V и РЗЭ указывает, что образование гераклитов отличается от генезиса конкреций. Незначительные различия концентраций химических элементов в гераклитах разной морфологии связаны с физико-географическими и химическими условиями их образования в зонах глубинных разломов с активным тектоническим режимом.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении геохимических анализов член-корр. РАН В. В. Масленникову и д.г.-м.н. В. В. Мурзину.

Литература

Интерпретация геохимических данных // Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. Т. I. 288 с.

Лысенко В. И., Цельмович В. А. Результаты изучения минералогии материала бактериальных палеопостроек миоцена из зон глубинной палеодегазации (юго-западный Крым) // Электронное научное издание «Альманах Пространство и Время». 2017. Вып. 1

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.

О. П. Шиловский^{1, 2}, Д. В. Киселева³

¹ – Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

² – Музей естественной истории Татарстана, г. Казань
nau@hotmail.ru

³ – Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

Ископаемые клеточные структуры костной ткани ребра парейазавра

Нахождение мягких тканей позвоночных в ископаемом состоянии уже давно признано и описано в работах различных авторов [Martill, 1990; Chen et al., 1998; Manning et al., 2009]. Недавние исследования показали, что не только покровы и компоненты мягких тканей, такие как кожа [Manning et al., 2009], перья и другие покровные структуры [Chen et al., 1998], но и мышечные волокна [Martill, 1990] могут сохраняться в фоссилизированном виде. Так, после деминерализации ископаемых костей позднемелового динозавра *Tyrannosaurus rex* [Schweitzer et al., 2005] были выявлены прозрачные, гибкие, полые кровеносные сосуды, эластичный и упругий материал костной матрицы. Эндогенный белковый материал был изучен из костных фрагментов и мягких тканей другого динозавра – кампанского гадрозавра *Brachylophosaurus canadensis* [Schweitzer et al., 2009]. Остатки эндогенных коллагеновых волокон и структуры, соответствующие предполагаемым остаткам эритроцитов, были исследованы из восьми костных фрагментов меловых динозавров [Bertazzo et al., 2015]; красных и белых кровяных клеточных структур, коллагена и холестерина в кости ранне-юрского ихтиозавра [Plet et al., 2017]. Условия, при которых происходят процессы фоссилизации, приводящие к таким ископаемым находкам, скорее всего, являются исключением, а не правилом [Martill, 1990; Schweitzer et al., 2007; Plet et al., 2017].

Целью работы стало исследование клеточных структур ископаемой костной ткани ребра пермской парарептилии парейазавра *Deltavjatia vjatkensis* (Hartmann-Weinberg, 1937) и оценка степени их сохранности. Образец найден в отложениях ванагонской пачки северодвинского яруса на берегу р. Вятки на Котельничском местонахождении парейазавров [Киселева и др., 2017]. Данные зверообразные рептилии являются более древними, чем перечисленные выше динозавры. Фрагмент ребра был исследован с использованием СЭМ Carl Zeiss AURIGA CrossBeam с ЭДС Oxford instruments Inca X-Max (оператор А. А. Трифонов).