МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Латыпова Маргарита Рубеновна

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ВТОРИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЗДНЕЮРСКИХ МИКРОБИАЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ ГЕОРГИЕВСКОГО ГОРИЗОНТА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Специальность 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва-2024

Диссертация подготовлена на кафедре региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Научные руководители	***Фокин Павел Анатольевич*** *кандидат геолого-минералогических наук, доцент* ***Калмыков Антон Георгиевич*** *кандидат химических наук*
Официальные оппоненты	***Эдер Вика Георгиевна*** *– доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Геологический институт» Российской академии наук, лаборатория седиментологии и геохимии осадочных бассейнов, ведущий научный сотрудник* ***Фортунатова Наталья Константиновна*** *– доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», отделение нефтегазоносности осадочных бассейнов, заведующий отделением, заместитель генерального директора по научной работе* ***Постникова Ольга Васильевна*** *– доктор геолого-минералогических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», факультет геологии и геофизики нефти и газа, декан*

Защита состоится 23 мая 2024 г. в 14:30 на заседании диссертационного совета МГУ.016.7 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, ауд.415.

E-mail: nbadulina@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале https://dissovet.msu.ru/dissertation/2932

Автореферат разослан ___ марта 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.016.7,
кандидат геолого-минералогических наук Ю.А. Гатовский

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы исследования. Исследование карбонатных пород георгиевского горизонта (J_2bt_3-J_3tt_1) на территории Западно-Сибирской плиты (ЗСП) в последнее время приобретает все большую актуальность в связи с появлением новых данных о их литолого-геохимических особенностях (Юрченко и др., 2015, Зубков, 2014, Потапова и др., 2018). Наибольший интерес представляют собой карбонатные породы из кровельной части абалакской (J_2bt_3-J_3tt_1) и георгиевской (J_3ox_3-J_3tt_1) свит, в литературе они описываются как брекчированные известняки КС1 (корреляционный слой 1) (Белкин и др., 1983) или разбитые радиальными трещинами септариевые конкреции (Сидоренков и др., 1985). В кровле георгиевского горизонта наряду с вышеописанными отложениями также иногда выделяются микробиальные карбонаты (МК) строматолитового типа с марганцевой минерализацией (Занин и др., 2001, 2008, Юрченко и др., 2019). Распространение этих отложений по разрезу непостоянно и не имеет точной стратиграфической привязки. Марганцевые МК являются одними из наименее изученных разностей среди всех верхнеюрских карбонатных пород ЗСП. До сих пор однозначно не выявлены обстановки их формирования и не разработано единой палеогеографической гипотезы их седиментогенеза и последующего литогенеза. Также неизвестно, какие именно седиментологические факторы привели к всплеску микробиальной активности на отдельных территориях Западно-Сибирского бассейна (ЗСБ) в позднеюрское время.

Карбонатные породы из кровли георгиевского горизонта иногда подвержены интенсивным вторичным преобразованиям, которые связывают с проработкой осадочного чехла глубинными высокотемпературными флюидами (Карпова, 2021). Наиболее интенсивно преобразованные отложения (катагенетические аномалии) наблюдаются над тектонически ослабленными зонами в доюрском фундаменте ЗСП (Калмыков и др., 2019). Эти вторичные преобразования приводят к тому, что на отдельных территориях верхнеюрские карбонатные пласты являются отдающими углеводороды (УВ) интервалами (Потапова и др., 2015, Бумагина и др., 2019). Изучение обстановок формирования этих пород в перспективе позволит разработать дополнительные прогнозные критерии для поиска продуктивных отложений на территории ЗСП.

Цель и задачи исследований. Цель диссертационной работы: по комплексу литологических и геохимических исследований установить диагностические критерии и условия формирования верхнеюрских МК

георгиевского горизонта ЗСП и предложить палеогеографическую гипотезу их седиментогенеза и последующего литогенеза.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Сбор, анализ и обобщение литературных данных по исследуемым верхнеюрским отложениям ЗСП.

2. Описание керна, отбор материалов и создание коллекции образцов, которая включает в себя верхнеюрские карбонатные породы и отложения подошвенной части вышезалегающего баженовского горизонта.

3. Определение комплекса литологических, геохимических и минералогических особенностей верхнеюрских МК ЗСП. Выявление отличительных признаков МК по сравнению с другими карбонатными породами георгиевского горизонта.

4. Проведение реконструкции обстановок осадконакопления и стадиальный анализ исследуемых МК. Выявление особенностей изотопного состава МК и объяснение связи между соотношением стабильных изотопов углерода и кислорода с обстановками формирования исследуемых отложений.

5. Установление возраста исследуемых МК по палеонтологическим находкам ниже и выше по разрезу.

6. Оценка нескольких ранее предложенных палеогеографических концепций седиментогенеза и последующего литогенеза исследуемых МК в ЗСБ и на прилежащих территориях в позднеюрское время.

7. Выявление катагенетических преобразований в МК и определение минимальной температуры вторичного прогрева методом исследования температуры гомогенизации флюидных включений в кристаллах кварца из исследуемых карбонатных пород.

8. Оценка влияния интенсивной термической проработки на вышезалегающие отложения баженовского горизонта путем сравнения пиролитических характеристик органического вещества из нефтематеринских отложений с температурой гомогенизации флюидных включений в кристаллах кварца из карбонатных отложений георгиевского горизонта.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются верхнеюрские марганцевые микробиальные карбонаты из кровли георгиевского горизонта с территории Ем-Еговской, Каменной вершин и Талинской террасы Красноленинского свода, Дружного и Южно-Ягунского поднятий Сургутского свода, Малобалыкского поднятия Малобалыкской мегаседловины и Лонтыньяхского поднятия Каймысовского свода.

Фактический материал и методы исследования. В работе представлены результаты исследования кернового материала из 17 скважин. Совокупный вынос описанного керна составил 200 м. Лабораторная коллекция была составлена из 250 образцов. Анализ главных оксидов и микроэлементов выполнен на 40 пробах методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФлА) на приборе AxiosmAX Advanced (PANalytical). Изучение минерального состава проводилось на 10 сколах и аншлифах под сканирующим электронным микроскопом (SEM) моделей JSM-6480LV и JSM IT-500 (Jeol, Япония). Описание и фотографирование более 50 петрографических шлифов выполнено с использованием микроскопа Olympus BX53P и стереомикроскопа Olympus SZX16, приобретенных по программе развития МГУ. Измерения состава стабильных изотопов углерода и кислорода в 25 образцах проводились на изотопном масс-спектрометре DeltaV Advantage (Бремен, Германия). Исследование 13 флюидных включений (ФВ) в кристаллах кварца из карбонатных пород выполнено в лаборатории геохимии ИГЕМ РАН при помощи измерительного комплекса THMSG-600 (Linkam, Великобритания). Пиролитические исследования органического вещества (ОВ) в 30 пробах, отобранных из отложений баженовского горизонта до и после экстракции по методике Rock-Eval (Espitalie, 1993; Behar et al., 2001), проводили на приборе HAWK Wildcat Technologies.

Достоверность полученных результатов определяется широким комплексом проведенных исследований и представительностью лабораторной коллекции.

Личный вклад автора. Автор участвовал в литологическом исследовании керна, отборе образцов, в описании кристаллов кварца с ФВ. Автор самостоятельно проводил описание шлифов, исследование пород под SEM, осуществлял полное комплексное планирование всех настоящих работ и интерпретацию всех полученных результатов.

Научная новизна. По комплексу литологических и геохимических исследований выделены диагностические критерии верхнеюрских МК георгиевского горизонта ЗСП:

- Повышенное содержание марганца и элементов манганофилов (основной признак), которые содержатся в кристаллических решетках сульфидов и связаны с марганцевой минерализацией;
- Диагенетическая кутногоритовая минерализация, повторяющая первичные строматолитовые текстуры; Последние, однако, не всегда

прослеживаются в керне в связи с интенсивными катагенетическими преобразованиями МК;

- Относительно утяжеленный изотопный состав углерода по сравнению с другими карбонатными разностями исследуемого интервала, связанный с активным участием углекислоты в процессе формирования отложений.

Выявлены особенности обстановок осадконакопления и проведен стадиальный анализ исследуемых отложений. Установлен поздне-оксфордский – ранне-волжский возраст верхнеюрских марганцевых МК с территории Красноленинского свода. Выявлено, что распространение МК обусловлено палеорельефом позднеюрского морского дна. Отмечено, что микробиальные постройки существенно отличаются по мощности и типу образований в зависимости от исследуемой территории.

Доказано, что часть МК с территории Красноленинского свода подвержена катагенетическим преобразованиям. Последние являются следствием воздействия флюида при температуре более 260°С на исследуемые отложения баженовского и георгиевского горизонтов.

Теоретическая и практическая значимость. Разработка основных диагностических признаков определения верхнеюрских МК ЗСП в керне позволит дополнить не только стратиграфические схемы для различных литофациальных зон ЗСП, но и повысить детальность фациальных моделей нефтегазовых месторождений, в пределах которых могут быть распространены МК. Определение обстановок формирования верхнеюрских МК и их вторичных преобразований в будущем позволит увеличить точность прогноза распространения потенциальных карбонатных коллекторов в разрезе и по латерали. Выявление катагенетических аномалий, связанных с воздействием глубинных флюидов из доюрского фундамента на осадочный чехол ЗСП, является важным поисковым критерием на УВ в пределах наиболее интенсивно преобразованных участков разреза.

Защищаемые положения:

1. В позднеоксфордское – ранневолжское время на завершающей стадии седиментации отложений георгиевского горизонта в центральной части Западно-Сибирской плиты на отдельных относительно приподнятых территориях Сургутского, Красноленинского, Каймысовского сводов и Малобалыкской мегаседловины накапливались микробиальные образования. Для пород этого типа характерны повышенные содержания Mn и ряда биофильных элементов (Zn, Ni, Cu, V).

2. Марганцевая кутногоритовая минерализация микробиальных карбонатов георгиевского горизонта имеет диагенетическое происхождение. Изотопный состав углерода свидетельствует о биогенном источнике углекислоты, участвовавшей в их формировании, а также схож с изотопным составом углерода в микробиальных карбонатах современных морей и океанов.

3. В некоторых микробиальных карбонатах с территории Ем-Еговской вершины Красноленинского свода обнаружены свидетельства интенсивных катагенетических преобразований, которые также прослеживаются ниже по разрезу в других карбонатных разностях георгиевского горизонта. Эти вторичные процессы вызваны воздействием флюидов при температуре более 260°С, которые прогревали не только карбонатные породы георгиевского горизонта, но и нефтематеринские отложения баженовского горизонта.

Публикации и апробация работы. Основные научные положения и результаты исследований по теме диссертационной работы докладывались на многих Российских и международных конференциях: «Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири», «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии», «Саксовских чтениях», «Симпозиуме по геохимии изотопов имени академика А.П. Виноградова», «Экзолит», и т.д.

По результатам исследований опубликовано 11 работ, в том числе 3 публикации, индексируемые в базах данных Wos, Scopus, RSCI, в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ, основополагающий вклад в которых принадлежит соискателю.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 221 наименования, иллюстрирована 52 рисунками и содержит 6 таблиц. Общий объем работы составляет 129 страниц.

Благодарности. Автор благодарен своим научным руководителям: к.г.-м.н. П.А. Фокину и к.х.н. А.Г. Калмыкову за содействие в подготовке данной работы. За ценные рекомендации автор признателен д.г.-м.н. Л.Ф. Копаевич, д.г.-м.н. Г.А. Калмыкову, к.г.-м.н. Н.С. Балушкиной, В.В. Чуркиной, Ю.А. Коточковой, к.т.н. А.Д. Егоровой, к.г.-м.н. О.В. Хотылеву. Отдельную благодарность автор выражает д.г.-м.н. А.М. Никишину, д.г.-м.н. Е.Ю. Барабошкину, д.г.-м.н. Р.Р. Габдуллину, д.г.-м.н. А.С. Алексееву за проявленный интерес к работе. Особую благодарность автор выражает к.г.-м.н. Ю.А. Гатовскому, д.г.-м.н. М.А. Рогову, д.г.-м.н. В. Ю. Прокофьеву и к.г.-м.н. В.Ю. Япаскурту за помощь в проведении исследований. Отдельно автор благодарит членов своей семьи за поддержку на всех этапах подготовки работы.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Тектоника

ЗСП является эпигерцинской молодой платформой, которая является частью молодой Урало-Сибирской платформы, в строении которой Алтае-Саянская горно-складчатая область представляет собой аналог щита (Конторович, Сурков, 2000). В связи с различными взглядами на тектоническое районирование фундамента ЗСП и отсутствием единых устоявшихся названий и границ структур в составе фундамента, традиционно принято использовать термины структур чехла – свод, поднятие, прогиб, склон и т.д. С точки зрения тектонического районирования доюрского комплекса, принято выделять более крупные положительные структуры – сводовые поднятия и впадины, в пределах которых выделяют структуры меньшего порядка – выступы (вершины, поднятия), прогибы, валы, седловины (Геология…2004, Шпильман и др., 1999).

Исследуемые территории находятся в пределах трех крупных положительных структур первого порядка: Красноленинского, Сургутского и Каймысовского сводов (рис. 1). В пределах Красноленинского свода исследуемые территории включали Ем-Еговскую, Каменную вершины и Талинскую террасу. В пределах Сургутского свода выделяются Дружное и Южно-Ягунское поднятия, расположенные на востоке Когалымской вершины. К югу от Сургутского свода располагается Малобалыкская седловина, в пределах которой выделяется Малобалыкское поднятие. Юго-западнее располагается Каймысовский свод, в пределах которого выделяется Лонтыньяхское поднятие.

В настоящей работе наиболее детально рассмотрены отложения с территории Красноленинского свода. По своему составу фундамент Красноленинского свода гетерогенен. В центральной части наибольшее распространение занимает поле позднедокембрийских и раннепалеозойских кварцитов, мусковит-серицит-кварцевых сланцев и, реже, гнейсов (Шадрина, 2018; Шадрина, Кондаков, 2014). К западу от Красноленинского свода располагается поле слабометаморфизованных толщ палеозоя (Бочкарев, Брехунцов, 2015), которые представлены в основном метапесчаниками и метаалевролитами. В поле этих преимущественно метатеригенных пород на западной и центральной частях Ем-Еговской вершины распространены базальты, риолиты и туфы девонско-каменноугольного возраста. На северо-востоке от Красноленинского свода расположен вулканогенный комплекс

кислого состава позднепермского, раннетриасового возраста предположительно окраинно-континентального генезиса (Чирков и др., 2016; 2011).

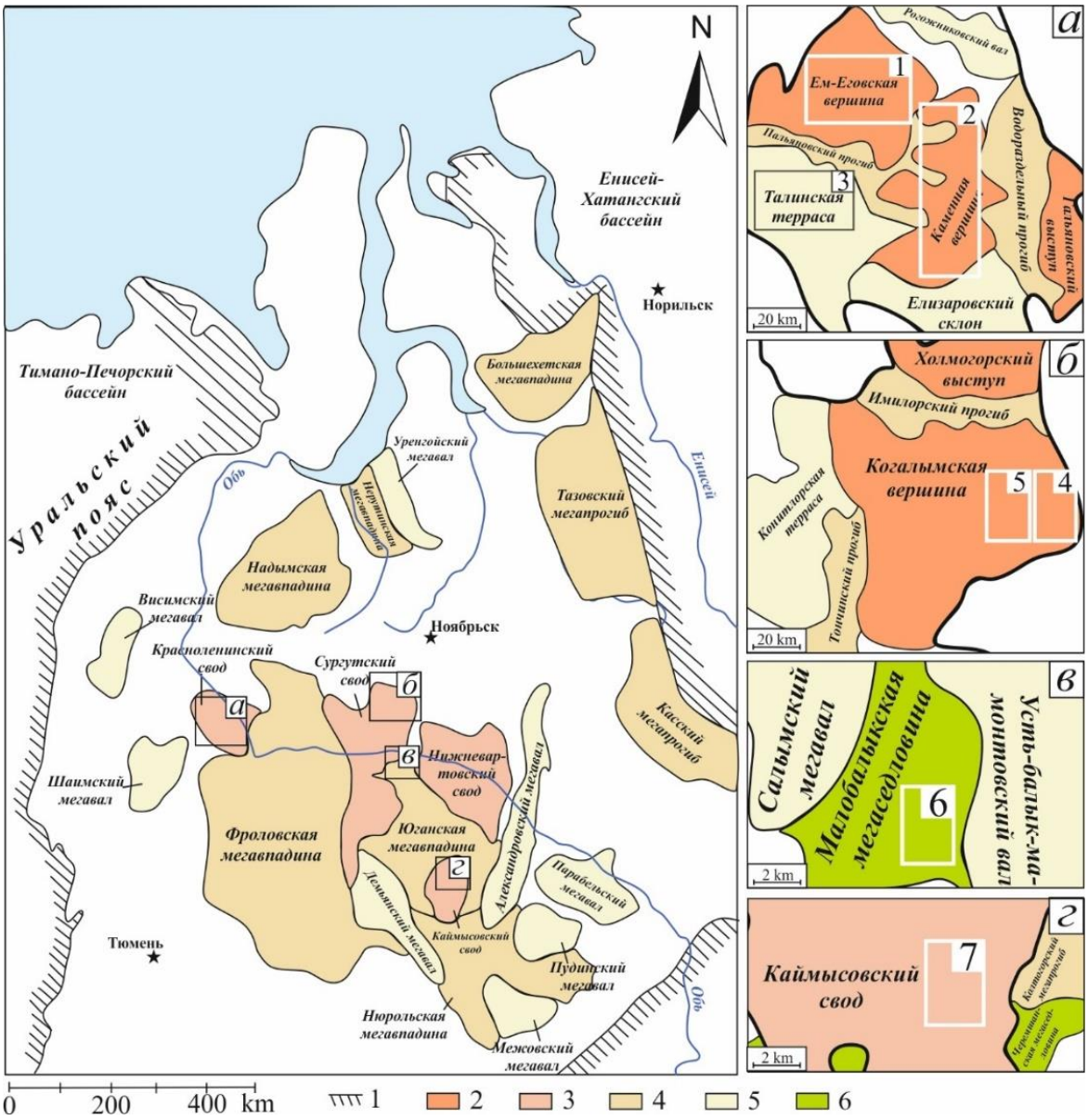


Рис. 1. Тектоническая схема Западно-Сибирской плиты по Rovenskaya and Nemchenko (1992), Ulmishek (2003) с отдельными фрагментами по Геология…, 2004; исследуемые территории: Красноленинский свод (а) с Ем-Еговской (1), Каменной (2) вершинами и Талинской (3) террасой, Сургутский свод (б) с Дружным(4) и Южно-Ягунским (5) поднятиями, Малобалыкская мегаседловина (в) с Малобалыкским поднятием (6), Каймысовский свод (г) с Лонтыньяхским поднятием (7) (1 – границы ЗСП, 2 – вершины и выступы, 3 – своды, 4 – мегавпадины, мегапрогибы, прогибы, 5 – мегавалы, валы, террасы, склоны, 6 – мегаседловины.

1.2. Стратиграфия средне-верхнеюрских отложений

Для исследуемого интервала разреза осадочного чехла существует общепринятая схема структурно-фациального районирования для келловей-верхнеюрской толщи (Решение…, 2004), сложенной отложениями преимущественно морского генезиса от мелководно- до прибрежно-морских и прибрежно-континентальных обстановок, накапливавшихся в ЗСБ под влиянием позднеюрской трансгрессии, которая фиксируется для всего Бореального бассейна. Исследуемые площади находятся на территории трех структурно-фациальных районов (СФР): Казым-Кондинского, Фроловско-Тамбейского и Пурпейско-Васюганского (Решение…, 2004). В каждом из этих районов принято выделять отдельные свиты, сложенные различными фациальными разностями. Все эти свиты объединяются в горизонты, распространяющиеся на всю территорию ЗСБ.

Васюганский горизонт (J_2b – J_3ox_2) на территории Казым Кандинского СРФ сложен глинистыми частично пиритизированными отложениями нижней подсвиты абалакской свиты. Отложения Васюганского горизонта на территории Фроловско-Тамбейского СФР представлены либо нижней подсвитой абалакской свиты, либо алеврито-глинистыми породами с сидеритовыми конкрециями нурминской свиты. На территории Пурпейско-Васюганского СФР отложения васюганского горизонта слагают одноименную свиту, которая разделяется на нижнюю глинистую и верхнюю песчанистую подсвиты.

Георгиевский горизонт (J_3ox_3 - J_3tt_1) на территории Казым-Кандинского СФР сложен глауконитово-глинистыми породами верхней подсвиты абалакской свиты, в кровле которой присутствуют карбонатные конкреции. В пределах Фроловско-Тамбейского СФР отложения георгиевского горизонта представлены глауконитовыми глинами верхней подсвиты абалакской свиты с карбонатными конкрециями в кровле. В пределах Пурпейско-Васюганского СФР отложения георгиевского горизонта слагают одноименную свиту, сложенную аргиллитоподобными глинами с неравномерным распределением глауконита, в верхах битуминозными. В кровле также присутствует горизонт конкреций. Стоит отметить, что основной объект исследований – МК в кровле георгиевского горизонта никак в материалах Решения…, 2004 не описан. Вероятно, исследуемые микробиальные отложения входят в описанный горизонт карбонатных конкреций.

Баженовский горизонт (J^3tt^1 – J^3b^1) на территории Казым-Кондинского СФР состоит из кремнево-глинистых темно-серых и коричневатых отложений

тутлеймской свиты. На территории Фроловско-Тамбейского и Пурпейско-Васюганского СФР баженовский горизонт представлен отложениями одноименной свиты.

ГЛАВА 2. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Впервые верхнеюрские МК отмечены в кровле георгиевского горизонта в центральной части ЗСП (Yasovich, 1971). В работах Ю.Н. Занина с соавторами отмечается наличие строматолитов и онколитов в отложениях мезозоя ЗСП на территориях Тальниковского и Даниловского, Андреевского месторождений (Занин и др., 2021, 2008, 2001). В отложениях даниловской свиты (возрастного аналога абалакской и георгиевской свит) Шаимского структурно-фациального района ЗСП также ранее отмечались строматолитовые постройки (Исаев и др., 2008). Позднее на территории некоторых нефтегазовых месторождений описаны верхнеюрские марганцовистые карбонаты микробиального генезиса (Zanin et al., 2003). Отдельного внимания заслуживает работа В.Г Эдер. (с соавторами) в которой приводится детальное описание структурно-текстурных морфологических признаков МК из кровли георгиевского горизонта ЗСП (Eder et al., 2018).

Последние исследования в области нефтегазовой геологии показывают, что в частных случаях верхнеюрские МК ЗСП могут являться продуктивными коллекторами нефти. Например, в работе В.А. Бумагиной и др. (2019) выявлено, что МК на территории Ем-Еговской вершины (Красноленинский свод, ЗСП) являются одним из основных отдающих УВ интервалов. В работе А.С. Потаповой и др. (2018) повышенные коллекторские свойства МК на этой же территории объясняются образованием кавернозности в результате субаэральной экспозиции исследуемых пород. Одним из обоснований данного предположения, является наличие ризоидов (следов корней), которые обнаружены в шлифах из пород бактериально-водорослевых построек. В связи с этим предположением остается неясно, почему кавернозность не обнаружена в МК многих скважин других частей ЗСБ (Eder et al., 2018). В настоящее время все еще не до конца известно, в каких обстановках происходило формирование исследуемых МК и какие именно процессы привели к формированию коллектора в подошве нефтематеринского баженовского горизонта на отдельных территориях ЗСП. Одним из таких процессов может являться проработка высокотемпературными глубинными флюидами.

ГЛАВА 3. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ МИКРОБИАЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Несмотря на то, что верхнеюрские МК ЗСП ранее описаны в литературных источниках, до сих пор не выработано единой системы диагностических критериев для их определения в керне. Во многих случаях МК настолько интенсивно катагенетически преобразованы, что первичные текстурные особенности пропадают из-за последующей наложенной интенсивной вторичной перекристаллизации. Именно для того, чтобы идентифицировать МК в разрезе, разработаны диагностические критерии, далее описанные в настоящей работе.

3.1. Литологические признаки

Сводные литологические разрезы отложений георгиевского горизонта для исследуемых территорий представлены на рисунке 2. Нижняя часть разреза Ем-Еговской вершины (нижняя подсвита абалакской свиты) сложена, как правило, глинистыми отложениями с пиритовыми стяжениями, часто с примесью алевритовой составляющей (рис. 2, e). В этих глинистых породах присутствуют прослои и конкреции вторично-преобразованных карбонатных (ВК) пород, первичную природу которых тяжело определить в силу их интенсивной вторичной преобразованности (рис. 2, d).

В некоторых случаях эти породы содержат в себе кальцитовые жилы и другие многочисленные следы вторичных преобразований. Верхняя часть разреза Ем-Еговской вершины (верхняя подсвита абалакской свиты) сложена как правило глауконитово-глинистыми породами и глауконититами (рис. 2, c) сильно биотурбированными, с карбонатными конкрециями и прослоями в кровле. Иногда эти карбонатные отложения представлены желваковыми и пластовыми строматолитами, часть из которых относится к микритовым или пелоидным и агглютинированным строматолитам (Riding, 2011) (рис. 2, a). Чаще всего микробиалиты имеют ненарушенные строматолитовые текстуры, которые, однако, иногда нарушены активной биотурбацией. В целом, такие прослои и отдельные постройки МК небольшой мощности (до 1 м) с ненарушенными первичными текстурами встречены в керне из скважин с территории Дружного, Южно-Ягунского, Малобалыкского, Лонтыньяхского поднятий (рис. 2). В более мощных (1 – 2,5 м) прослоях МК с территоррии Красноленинского свода иногда отмечаются крупные каверны (до 1 см в диаметре), стенки которых частично покрыты кристаллами кварца и ОВ.

Некоторые МК с территории Красноленинского свода (Ем-Еговская и Каменная вершины) настолько интенсивно преобразованы, что на вид в керне они практически неотличимы от ВК пород. В таких МК содержится большое количество пустотного пространства, в котором присутствуют кристаллы кварца, размером до 5 мм. Только по положению в разрезе, по геохимическим особенностям и по присутствию редких строматолитовых текстур в шлифах такие карбонатные породы можно отнести к МК.

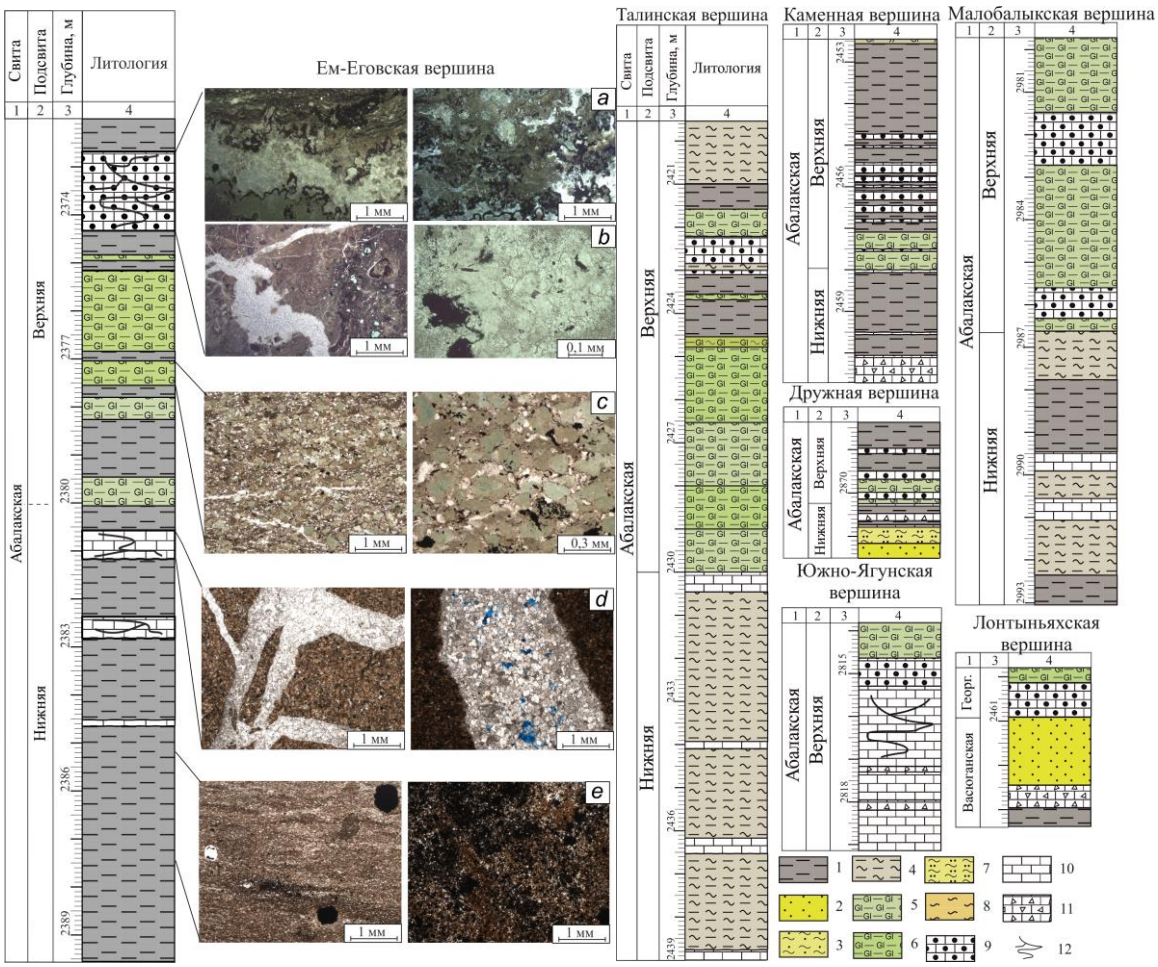


Рис. 2. Сводная литологическая колонка для отложений георгиевского горизонта с исследуемых территорий; фотографии шлифов: a – глобулярный кальцит, раскристаллизованный по зонам строматолитовых текстур МК, b – зоны вторичной карбонатизации и окварцевания в МК, c – глауконитовые песчаники, d – кальцитовые жилы ВК; породы: 1 – глинистые, 2 – песчаные, 3 – песчано-алевритовые, 4 – алевро-глинистые, 5 – глауконито-глинистые, 6 – глинисто-глауконитовые, 7 – песчаники алевритистые, 8 – алевролиты, 9 – микробиальные карбонаты, 10 – карбонатные породы, 11 – карбонаты трещиноватые, 12 – трещины в карбонатах, заполненные кальцитом и кремнеземом

В шлифах из неперекристаллизованных МК выявлено, что свободное пустотное пространство, как правило, отсутствует, однако отмечаются субоднонаправленные (по слоям бактериально-водорослевой постройки) трещины с раскрытием до 1 мм, выполненные сфероагрегатами кальцита-доломита. ВК представлены в шлифах в основном массивными известняками с кристаллической и сфероагрегатной структурами.

3.2. Возраст образования микробиальных карбонатов

Исследуемые МК не содержат микропалеонтологических находок, которые позволили бы однозначно определить их возраст. По этой причине было принято решение определить возраст накопления МК по палеонтологическим находкам из выше- и нижезалегающих отложений в керне. По результатам проведенных палеонтологических исследований выявлено, что МК Ем-Еговской вершины ЗСП имеют позднеоксфордский (по аммонитам) – ранневолжский (по двустворчатым моллюскам) возраст. Аммонит *Amoeboceras* sp. обнаружен в подстилающих МК глинистых отложениях, что предполагает, что исследуемые МК имеют возраст не древнее позднеоксфордского. Сверху МК перекрываются глинистыми отложениями с брахиоподами *Lingularia salymica* Smirnova, распространенными преимущественно в волжское и рязанское время. Радиолярии *Zhamoidellum ovum* Dumitrica, обнаруженные непосредственно в МК, распространены в возрастном интервале от средне-оксфордского до ранне-волжского времени. Во всех исследуемых разрезах с территории Красноленинского свода отмечено отсутствие палеонтологических находок киммериджского возраста.

3.3. Геохимические признаки

Все лабораторные исследования РФлА методом выполнены на основном матриксе МК и ВК, намеренно избегая отбора материала из кальцитовых жил и трещин. По результатам исследования выявлено, что МК с территории всех исследуемых месторождений отличаются от ВК, как правило, большим количеством MnO. Содержание этого оксида в МК варьирует от 3 до 19%, а в ВК – от 0 до 1% (рис. 3). Повышенное содержание MnO в МК, вероятно, можно объяснить тем, что Mn^{2+} сорбируется на поверхности бактериальных клеток, которые активно участвуют в формировании бактериально-водорослевых известняков. Бактерии могут выступают в роли ингибитора окисления двухвалентного Mn, т.к. существуют виды, которые получают энергию из его окисления (Emerson et al., 1979). Вторичная диагенетическая марганцевая

минерализация в МК часто объясняется концепцией цикличной бактериальной активности, в которой выделяется два цикла: придонный аэробный хемолитоавтотрофный и анаэробный диагенетический бактериальный, при этом анаэробная система перекрывала аэробную придонную систему (Polgari et al., 2012).

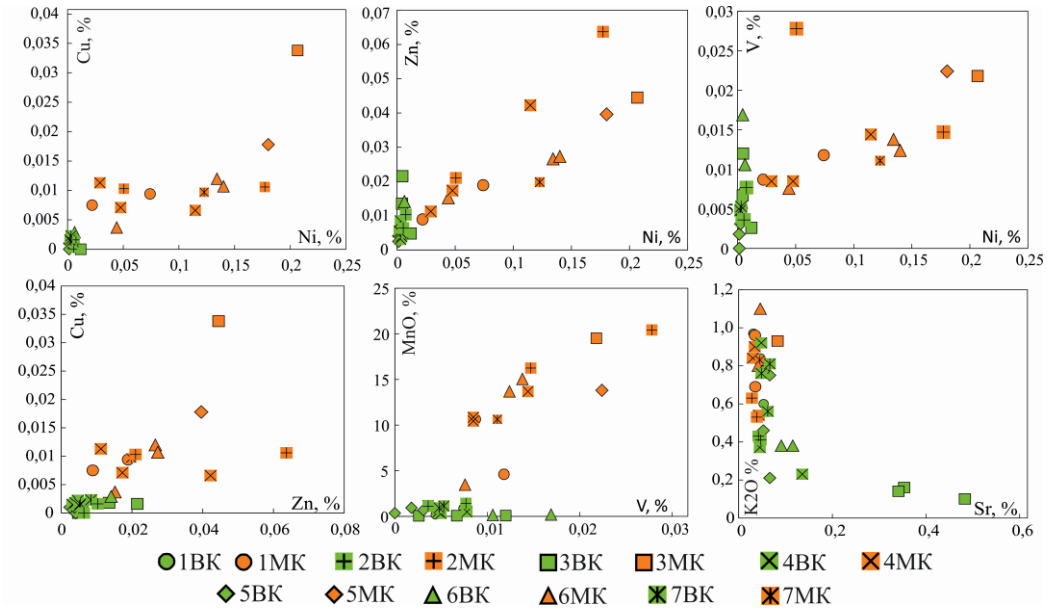


Рис. 3. Диаграммы соотношения элементов примесей и некоторых петрогенных оксидов; Образцы отобранные с территории: 1 – Ем-Еговской, 2 – Каменной вершин, 3 – Южно-Ягунского поднятия, 4 – Талинской террасы, 5 – Лонтыньяхской, 6 – Дружной вершин, 7 – Малобалыкского поднятия

При этом оксиды марганца, как правило, активно участвуют в преобразовании ОВ и прочно фиксируют в своей решетке тяжелые металлы-манганофилы: Co, Ni, Zn и др. (Manceau et al., 2000). Высокое содержание по данным XRF целой группы биофильных элементов (Zn, Ni, Cu, V) в МК по сравнению с ВК (рис. 3) вероятно указывает на повышенное содержание ОВ в осадке. Известно, что некоторые тяжелые металлы связываются с гуминовыми веществами в труднорастворимые коллоидные пленочные фазы (Аникиев и др., 1990; Eisma, 1988; Sholkovitz, 1990). Как упоминалось выше, в исследуемых отложениях на территории Ем-Еговской вершины ранее обнаружены следы интенсивного карстования с формированием карбонатного горизонта палеопочв (Потапова и др., 2018). Экспериментальным доказательством того, что повышенные содержания Cu, V, Ni, Zn скорее всего связаны с марганцевой минерализацией, является прямая зависимость их содержания с интенсивностью марганцевой минерализации в МК.

3.4. Минералогические признаки

Проведенные исследования минерального МК состава под SEM на аншлифах и сколах исследуемых МК показали, что большая часть биофильных элементов входят в кристаллические решетки трех основных минеральных разностей: пирита (FeS_2), халькопирита (CuFeS), сфалерита (ZnS). По данным SEM видно, что большая часть Mn содержится в карбонатном минерале кутногорите ($Ca(Mn,Mg,Fe)(CO_3)_2$), который в основном слагает четко ограниченные зоны микробиальной минерализации (рис. 4*, a, c*). По краю этих микробиальных образований наблюдаются очаги активной глобулярной пиритизации.

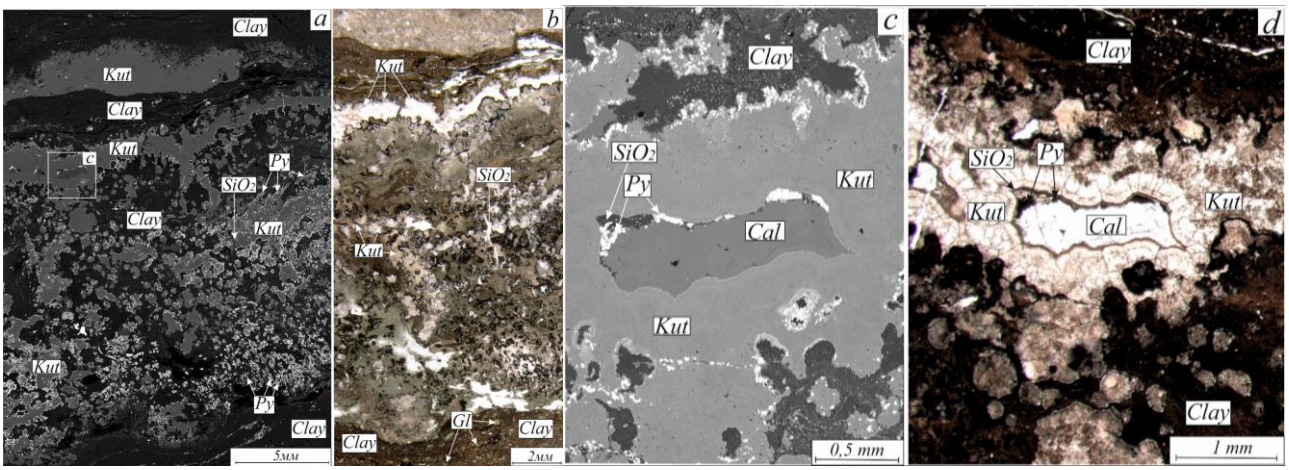


Рис. 4. Фотографии полированных шлифов МК без покровного стекла под SEM (a, c) под стереомикроскопом (b) и под микроскопом (d); Основные выделенные минеральные разности: Clay – глинистые минералы смешанного состава, Py – пирит, Kut – кутногорит, SiO_2 – кремнезем аморфный, Gl – глауконит.

Под стереомикроскопом в параллельных николях видно, что кутногорит слагает молочно-белую неясно-раскристаллизованную массу в основном глинистом зеленовато-коричневом матриксе (рис. 4, *b*). По краю сферолитов прослеживается более интенсивно окрашенная коричневатая оторочка (рис.4, *d*). Повышенное содержание Mn (до 40%) в сферолитовой оторочке связано с механизмом кутногоритовой кристаллизации. Кальцитовое выполнение первичных каверн (рис. 4, *c, d*) в кутногоритовой массе также имеет сферолитовую структуру. В наиболее интенсивно вторично-преобразованных МК наблюдаются зоны вторичной кальцитизации жильной морфологии. Иногда по этим зонам наблюдается вторичная каолинитизация в виде темных точечных высыпок по направлению жильной минерализации. Эти жильнообразные кальцитовые зоны, которые значительно отличаются от кутногоритовой

основной массы по минеральному составу, пересекают деформированные микробиальные текстуры.

Кристаллизация кубического пирита размером до 20 мкм с большим количеством кутногоритовых включений наблюдается в кутногоритовой массе и тяготеет к границам кутногоритовых/кальцитовых зон. Зоны обширной кальцитовой перекристаллизации и пиритизации второй генерации обнаружены в образцах с территории Ем-Еговской вершины. Именно на этой территории исследуемые МК представляют собой приточный на УВ интервал (Бумагина и др., 2019).

В карбонатных разностях содержится существенная примесь Ba (до 0,28 мас.%). По данным Е.В. Карповой и др. (2021), повышенные содержания Ba в отдельных пробах, а также кристаллизация барий-содержащих минералов являются одним из маркеров гидротермального потока.

3.5. Соотношения стабильных изотопов кислорода и углерода

Результаты изотопных исследований образцов из ВК и МК показали существенное различие в соотношениях $\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$ двух типов карбонатных пород. $\delta^{18}O$ в ВК варьирует в диапазоне от -2 до -25‰ (VPDB). При этом МК в целом менее обогащены легкими изотопами кислорода, значение параметра $\delta^{18}O$ в них варьирует от 0 до -14‰. Различие между двумя типами пород более существенно выделяется в $\delta^{13}C$. В ВК $\delta^{13}C$ варьирует от -10 до -25‰. При этом МК имеют более тяжелый изотопный состав, значение параметра $\delta^{13}C$ в них изменяется от -1 до -10‰. Исследуемые МК ЗСП по $\delta^{13}C$ в целом схожи с современными МК и микробиалитами различных марганцевых месторождений (рис. 5). Такое распределение $\delta^{13}C$ обусловлено единственной определяющей причиной – а именно, степенью участия органического вещества (точнее – углекислоты микробиального происхождения, образующейся внутри осадка в процессе окисления органического вещества в условиях диагенеза) в процессе образования марганцевых карбонатов (Кулешов, 2013). Для исследуемых МК ЗСП наблюдается положительная корреляция между содержаниями марганца, железа, серы и $\delta^{13}C$ (рис. 6). Эти корреляции являются отражением условий накопления Fe в осадке, и ОВ, повышенное содержание которого объясняется масштабами сульфатредукции (образования пирита) (Волков, 1984).

Исследуемые верхнеюрские МК ЗСП отличаются от всех марганцевых микробиальных руд и современных МК по $\delta^{18}O$ (рис. 5). По данным A.Yu. Yurchenko et al. (2015) большая часть карбонатных пород георгиевского горизонта имеет легкий $\delta^{18}O$ (от -15 до -25 ‰) в связи с их интенсивной

катагенетической преобразованностью. Жильный кальцит, представленный несколькими генерациями и обнаруженный как в МК, так и в ВК, отличается облегченным $\delta^{18}O$ (от -14 до -23‰), что может указывать на гидротермальный генезис исследуемых жил (Карпова и др., 2021; Yurchenko et al., 2015, 2019).

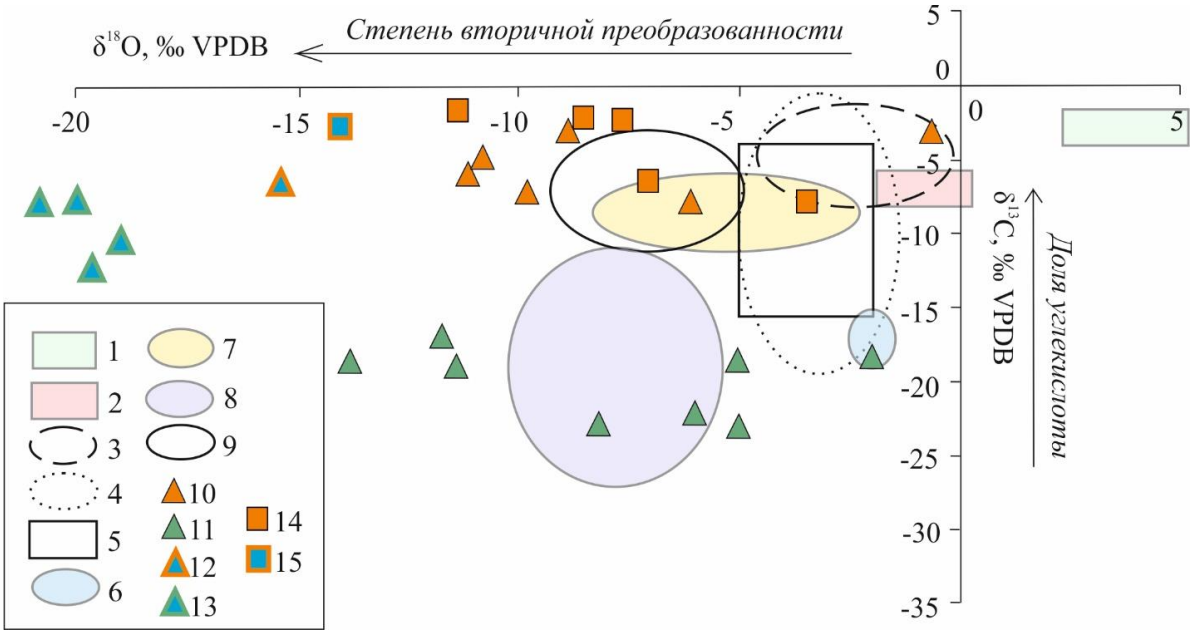


Рис. 5. $\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$ для исследуемых верхнеюрских МК и ВК с территории Ем-Еговской и Дружной вершин; условные обозначения: области значений для современных марганцевых МК: 1 –Тихого океана (Coleman et al., 1982); 2 – Балтийского моря (Леин и др., 1986); марганцевые карбонаты различных месторождений по Polgári et al., 2012: 3 – Gaoyan; 4 - Úrkút, Eplény; 5 – Molango, Mexico; 6 – Moanda – Gabon; 7 – Minle-Datangpo – China; 8 – Taojiang – China; 9 – Wafangzi – China по (Fan et al., 1996); точки на диаграмме для МК Ем-Еговской вершины: 10 – МК; 11 – ВК; 12 – кальцитовые жилы из МК; 13 – кальцитовые жилы, пересекающие ВК; Дружная вершина: 14 – МК; 15 - кальцитовые жилы из МК

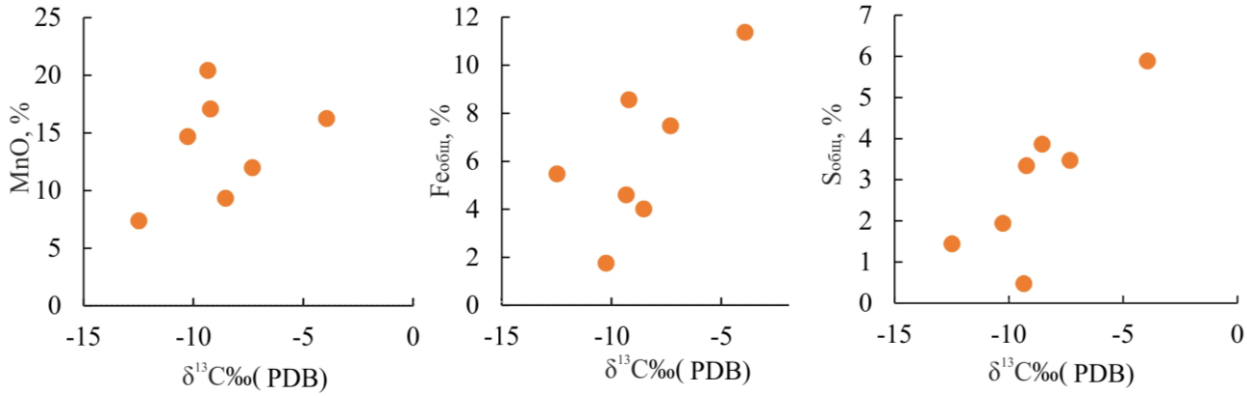


Рис. 6. Зависимость содержания MnO, Feобщ, Sобщ от $\delta^{13}C$ в верхнеюрских МК Красноленинского свода

ГЛАВА 4. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ МИКРОБИАЛЬНЫХ КАРБОНАТОВ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ БАССЕЙНЕ

Для того, чтобы сделать предположение об основных палеоклиматических и палеоэкологических предпосылках формирования верхнеюрских МК на территории ЗСБ необходимо изучить обстановки осадконакопления одновозрастных отложений на смежных территориях и провести сравнение исследуемых МК с похожими одновозрастными марганцевыми формациями.

4.1. Позднеюрские микробиалиты Русского моря и их связь с палеогеографическими обстановками

На территории Русской плиты отмечаются мелководные строматолитовые постройки верхнеюрского возраста в глинисто-глауконитовых отложениях (Маленкина, 2009, 2011). Юрские строматолиты Московской синеклизы приурочены к различным свитам Русской плиты J_3kl_2-ох возраста (Маленкина, 2009). В разрезах выделяются верхнеоксфордские строматолиты, которые по морфологии построек похожи на верхнеюрские МК ЗСП. Стоит отметить, что в J_3ox_3 время мелководно-морские обстановки осадконакопления были распространены на территории Русской плиты (Русское море) (Сазонова, Сазонов, 1967) и ЗСП (ЗСБ) (Конторович и др., 2013). Оба морских бассейна в позднеоксфордское время являлись относительно мелководными и отличались благоприятными условиями для развития фауны. В обоих бассейнах в позднеоксфордское время накапливались глины алевритистые с глауконитом.

4.2. Позднеюрское «рифовое окно» в разрезах западного Перитетиса

Позднеоксфордские МК детально описаны в разрезе Молинжес (Франция) (Oliver et al., 2011), в разрезах северной Германии, Польши, на юге Испании, в Швейцарии (Vedrine et al., 2007) и др. В целом, позднеоксфордские разрезы Перитетиса часто содержат прослои МК в кровле рифовых построек, мощностью более 10 м (Leinfelder et al., 2002). Формирование этих разрезов объясняется климатическим феноменом, который называется «рифовое окно». Это позднеоксфордское событие, изучение которого можно отнести к разделу событийной стратиграфии, вероятно, обусловлено специфическим тектоническим режимом, изменением уровня моря, и прежде всего значительным потеплением климата (Leinfelder, 2001).

4.3. Рост микробиалитов в эпиконтинентальных бассейнах, как предпосылка для позднеюрского бескислородного события

Известно, что позднеюрское время было насыщено многочисленными эпизодами аноксии, приводившими к региональному накоплению ОВ в отложениях по всему миру (Martinez, Dera, 2015). Существует ряд позднеюрских формаций, в которых присутствуют МК строматолитового типа. Эти формации распространены на территории Шотландии (Pearce et al., 2005), Швейцарии (Rais et al., 2007), Аргентины (Palma et al., 2015), Саудовской Аравии (Droste, 1990), Индии (Jain et al., 1984) и др. Верхнеюрские МК строматолитового типа в этих формациях отнесены к микробным матам, которые образовывались в неглубоких стратифицированных гиперсоленых лагунах (Tribovillard et al., 2000).

Какой бы ни была истинная причина формирования верхнеюрских МК ЗСП, стоит отметить, что описанные концепции не противоречат друг другу. Позднюксфордское климатическое событие определенно имело место в истории геологического развития Земли. Возможно, что последствием такого глобального потепления могло быть становление бескислородных обстановок во многих различных эпиконтинентальных бассейнах.

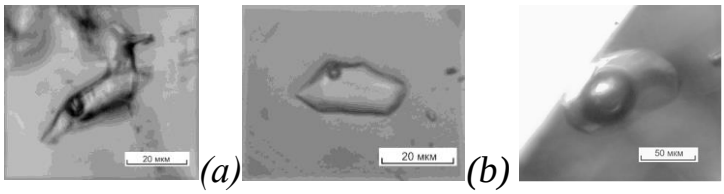
ГЛАВА 5. ВТОРИЧНЫЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ КАРБОНАТОВ ЕМ-ЕГОВСКОЙ ВЕРШИНЫ

Ранее в некоторых МК были установлены многочисленные следы вторичных преобразований, включающие в себя интенсивную кавернозность. С целью выявить особенности вторичного процесса, приведшего к улучшению коллекторских свойств карбонатных пород георгиевского горизонта, были проведены исследования ФВ из кристаллов кварца внутри каверн. Определение температуры гомогенизации ФВ позволяет установить, при каких условиях происходит захват флюида в кристаллах. Для оценки степени влияния вторичных процессов на нефтегенерационный потенциал вышезалегающих нефтематеринских пород были проведены пиролитические исследования ОВ из подошвенной части баженовского горизонта.

5.1. Флюидные включения в кристаллах кварца

Наиболее достоверными геотермометрами являются первичные двухфазовые водно-солевые ФВ (рис. 7). Это связано с тем, что они образуются при росте кристаллов, а не при их перекристаллизации, и температура фазовых переходов определяется с большей точностью. Первичная природа таких ФВ

определена по их равномерному распределению в объеме минерала-хозяина (Реддер, 1987). Температура гомогенизации включения такого типа составляет 267 °С и характеризует минимальную температуру захвата этого включения в процессе роста кристалла.



(a) *(b)* *(c)*

Рис. 7. Первично-вторичное (а) и первичное (b) водно-солевые ФВ в кристалле кварца и первичное включение с нефтью (с)

В рассматриваемых МК из кернового материала одной скважины также есть включение, содержащее нефть (рис. 7*в*), а температура гомогенизации включения превышает 300 °С (точное значение определить не удалось из-за разрушения ФВ в результате флюидодинамического разрыва при исследовании). В карбонатных отложениях из некоторых скважин также присутствуют ФВ, содержащие метан. Фактически можно говорить о том, что геохимические характеристики ФВ в некоторых скважинах указывают на гидротермальные процессы, протекавшие при повышенных температурах, тогда как в керне из других скважин температуры были более низкими, а процесс образования кристаллов кварца с ФВ – многостадийным.

5.2. Пиролитические характеристики органического вещества из отложений нижней части тутлеймской свиты

В результате проведенных исследований выявлено, что в скважинах с высокой степенью преобразованности ОВ (МК3) обнаружены ФВ с наивысшей температурой гомогенизации (более 260°С). Эти интенсивные вторичные преобразования объясняются воздействием глубинного высокотемпературного флюида на осадочный чехол, который преобразовывал карбонатные отложения георгиевского горизонта, а также прогревал отложения нижней части тутлеймской свиты, увеличивая нефтегенерационный потенциал последних. Полученные результаты позволили объяснить изменение стадии катагенетической преобразованности ОВ в породах тутлеймской свиты на территории Ем-Еговской вершины. Установлено, что все исследуемые скважины с наиболее преобразованным ОВ и с высокотемпературными ФВ приурочены к структурному поднятию в доюрском фундаменте, которое представлено группой гранитных интрузивов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований выявлено, что в центральной части ЗСП на отдельных приподнятых территориях в кровле георгиевского горизонта присутствуют МК строматолитового типа различной мощности и морфологии. Палеонтологические исследования позволили приблизительно определить возраст исследуемых МК как позднеоксфордский – ранневолжский.

Установлено, что в МК отмечаются повышенное содержания марганца и ряда биофильных элементов. В процессе диагенетических преобразований сорбированный бактериями марганец становится частью минерала кутногорита, а большинство биофильных элементов входят в кристаллических решетках сульфидов. Наблюдается прямая корреляция между содержаниями Ni, V, Cu, Zn и Mn, что доказывает связь этих элементов с накоплением марганца в осадке. Относительно утяжеленный изотопный состав углерода в МК по сравнению с другими карбонатными разностями георгиевского горизонта, свидетельствует о биогенном источнике углекислоты, участвовавшей в их формировании. Эти выводы подтверждаются положительной корреляцией изотопного состава углерода с содержанием Mn, Fe и S в МК.

В некоторых МК с территории Ем-Еговской вершины Красноленинского свода обнаружены интенсивные катагенетические преобразования. В ряде случаев эти преобразования вызваны воздействием флюидов при температуре более 260°С, которые преобразовывали не только карбонатные породы георгиевского горизонта, но и термически прогревали нефтематеринские отложения баженовского горизонта. Этим вторичным точечным интенсивным прогревом можно объяснить наличие катагенетических аномалий в центральной части ЗСП.

Таким образом выявлено, что наличие кавернозных марганцевых МК на границе баженовского и георгиевского горизонтов определяется двумя факторами: (1) специфическими обстановками осадконакопления в позднеюрское время в пределах палеовозвышенностей, обусловленных структурным планом доюрского фундамента; (2) высокотемпературными катагенетическими преобразованиями, которые приводят к формированию вторичного пустотного пространства в МК и приурочены к ослабленным зонам в фундаменте ЗСП. Комплексное изучение этих двух факторов в будущем позволит разработать дополнительные поисковые критерии на УВ в пределах отдельных территорий на границе баженовского и георгиевского горизонтов ЗСП.

III. СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика.

1. ***Латыпова М.Р.**, Хотылев О.В., Балушкина Н.С., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Копаевич Л.Ф., Карпова Е.В., Чуркина В.В.* Обстановки осадконакопления абалакской свиты и вогулкинской толщи на территории Каменной вершины Красноленинского свода (Западная Сибирь) // Вестник Московского Университета. Серия 4. Геология. 2021. № 6. С. 49–60. RSCI. DOI: 10.33623/0579-9406-2021-6-49-60 (1,5 п.л., личный вклад автора — 70%, импакт-фактор РИНЦ – 0,38)

2. ***Латыпова М.Р**., Калмыков А.Г., Чуркина В.В., Карпова Е.В., Балушкина Н.С., Калмыков Г.А.* Геохимические особенности микробиальных карбонатов абалакской и георгиевской свит на территории Западной Сибири // Вестник Московского Университета. Серия 4. Геология. 2023. № 4. С. 49–62. RSCI. DOI: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-4-49-62 (1,62 п.л., личный вклад автора — 80%, импакт-фактор РИНЦ – 0,38)

3. ***Латыпова М.Р.,** Прокофьев В.Ю., Балушкина Н.С., Коточкова Ю.А., Чуркина В.В., Иванова Д.А., Махнутина М.Л., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А.* Геохимические характеристики флюидных включений как индикаторы степени преобразованности органического вещества из юрских отложений Ем-Еговской вершины (Красноленинский свод, Западная Сибирь) // Вестник Московского Университета. Серия 4. Геология. 2023. № 2. С. 79–92. RSCI. DOI: 10.55959/MSU0579-9406-4-2023-63-2-79-92 (1,62 п.л., личный вклад автора — 80%, импакт-фактор РИНЦ – 0,38)

Иные научные публикации.

1. ***Латыпова М.Р.,** Копаевич Л.Ф.* Типизация и генетическая характеристика карбонатных пород на границе баженовской и абалакской свит на территории Каменной вершины Красноленинского свода // в сборнике Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов». 2019. https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/index_2.htm

2. ***Латыпова М.Р.**, Краснова Е.А., Калмыков А.Г., Балушкина Н.С., Юрченко А.Ю.* Определение типа вторичных преобразований по изотопным

характеристикам карбонатных пород Абалакского комплекса // в сборнике XXII Симпозиум по геохимии изотопов им. академика А.П. Виноградова, ГЕОХИ РАН. 2020. С. 288-294.

3. ***Латыпова М.Р.**, Хотылев О.В., Балушкина Н.С., Чуркина В.В., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Карпова Е.В., Краснова Е.А., Гусев А.В.* Особенности условий формирования абалакской свиты и вогулкинской толщи (J2c – J3km) на территории Красноленинского свода в Западной Сибири // в сборнике Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов / издательство СО РАН (Новосибирск). 2021. С. 115-119.

4. ***Латыпова М.Р.**, Копаевич Л.Ф.* Особенности формирования пород абалакской свиты и ее возрастных аналогов в пределах Красноленинского свода (Западная Сибирь) // в сборнике Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов». 2021. https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2021/data/index_2.htm

5. ***Латыпова М.Р.,** Прокофьев В.Ю., Балушкина Н.С., Иванова Д.А., Щепелев Ф.С., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Фомина М.М.* Выявление низкотемпературных гидротермальных процессов в баженовско-абалакском комплексе по группе геохимических индикаторов прогрева // Сборник XXV НПК «Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири» / издательство Югорского государственного университета (Ханты-Мансийск). 2022. С. 180-187.

6. ***Латыпова М.Р.,** Чуркина В.В., Калмыков А.Г., Копаевич Л.Ф.* Обстановки формирования бактериально-водорослевых построек абалакской свиты (Западная Сибирь) // в сборнике Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов». 2022. https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2022/data/index_2.htm

7. ***Латыпова М.Р.**, Калмыков А.Г., Фокин П.А.* δ18O и δ13C в позднеюрских микробиальных марганцевых карбонатах Западно-Сибирской плиты // в сборнике XXIII Симпозиум по геохимии изотопов им. академика А.П. Виноградова / издательство Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН). Москва. 2023. С. 117-119.

8. ***Латыпова М.Р.,** Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Гусев А.В.* Позднеюрские микробиальные карбонаты Западной Сибири как важный стратиграфический маркер мелководных обстановок осадконакопления // в сборнике «Экзолит». Новаторская литология Фролова: общее и частное. Сборник научных материалов, М.: МАКС Пресс. 2023. С. 33.