

ЛИТОЛОГИЯ ДЛЯ “ШКОЛЬНИКОВ”

© 2017 г. С. А. Дуб, О. Ю. Мельничук

В октябре 2016 г. в Екатеринбурге в Горном университете силами литологов Института геологии и геохимии УрО РАН и Уральского горного университета при поддержке РФФИ было проведено XI Уральское литологическое совещание. Это событие имело особое значение прежде всего для российских молодых геологов–“осадочников”, поскольку к нему была приурочена II Всероссийская школа студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Начинающим исследователям была предоставлена возможность прослушать лекции наиболее известных специалистов в данной области, а также доложить результаты своих работ. В 2016 г. разнообразие докладов в Школе определяла общая тематика “Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия”. При этом львиная доля пленарных докладов Школы была посвящена карбонатам. Именно на них, а также на некоторых сообщениях смежных направлений хочется остановиться подробнее. Данная публикация представляет собой обзор научных достижений, полученных ведущими российскими учеными в этих сферах.

Интерес к карбонатным породам в среде литологов в настоящее время, несомненно, возрастает. Такое явление в некоторой степени коррелирует с постепенным сокращением запасов легко извлекаемых углеводородов, добываемых из относительно просто устроенных терригенных коллекторов (например, из меловых комплексов Западной Сибири), и ориентированием недропользователей на по-

иски и эксплуатацию месторождений нефти и газа, залегающих в значительной степени неоднородных толщах известняков и доломитов.

Все большее количество исследователей обращает внимание на эволюцию карбонатных платформ и распределение комплексов фаций в пределах этих геологических структур. Особенно интересна в этом плане работа Ю.О. Гаврилова “Структура и динамика формирования карбонатной платформы в поздней юре–раннем мелу на Большом Кавказе”. Юрий Олегович представил результаты изучения строения окраин этой платформы. Удивительным для слушателей было то, что коллизийные процессы на Б. Кавказе в данном районе вызвали не очень значительные перемещения массивов относительно друг друга и сохранили близкое к первичному залегание пород, а ведь сейчас представительные разрезы платформы являются скалистыми вершинами гор с абсолютными высотными отметками в 3000–4000 м. Кроме того, залегание пород, слагающих карбонатную толщу, которое еще 30 лет назад было бы проинтерпретировано как вызванное тектоническими движениями (складчатость, угловые несогласия и т. д.), теперь рассматривается как ненарушенное и фациально обусловленное (рис. 1), связанное с колебаниями уровня моря. Автор доклада предоставил неопровержимые доказательства того, что периодические понижения уровня моря приводили к проградации карбонатной платформы в сторону глубоководно-

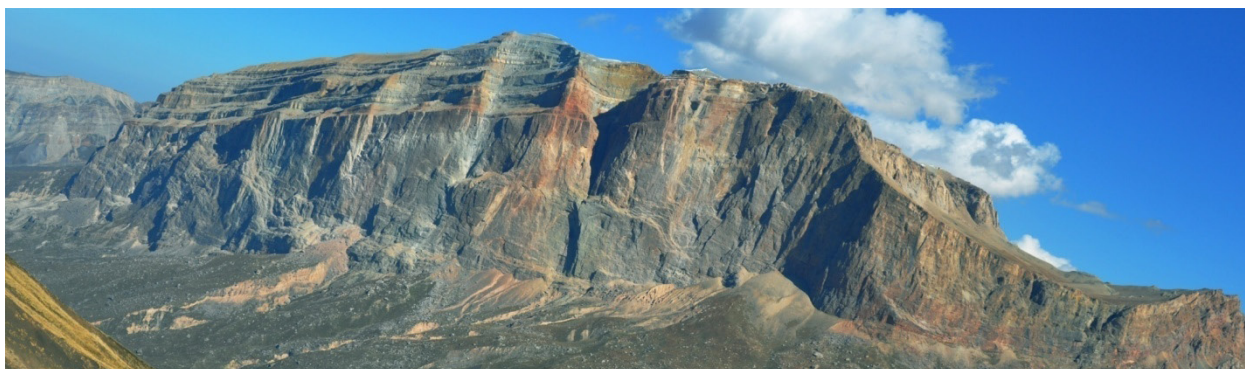


Рис. 1. Строение краевой зоны карбонатной платформы (J_3). Западная часть Шахдагского массива, Дагестан [Гаврилов, 2016].

Фотография искусственно повернута на несколько градусов автором доклада в целях приведения залегания отложений внутренней части платформы (слева) к первичному горизонтальному. Отчетливо видно, что пласты пород нижней части массива и его южного (правого) фланга имеют достаточно большой угол падения, однако это залегание близко к первоначальному.

го бассейна с образованием серий клиноформ, залегающих под достаточно крутыми углами и перекрываемых горизонтально-слоистыми отложениями, сформировавшимися при последующем устойчивом подъеме уровня моря. Рифовые комплексы на окраине платформы при регрессии могли, с одной стороны, сдерживать вынос материала с разрушающейся платформы, а с другой – сами служить источником обломков в предрифовую область. Однако настоящие барьерные рифы, по всей видимости, существовали не на всем протяжении истории платформы.

Об особенностях развития рифовых комплексов, но уже в палеозое, на примере Тимано-Североуральского региона рассказала А.И. Антошкина. Предполагается, что для каждого ландшафта существует стандартная последовательность в развитии экосистем – закономерная смена биоценозов (сукцессия), ведущая в конечном счете к формированию климаксного (устойчивого) сообщества. Это утверждение, по мнению Анны Ивановны, верно и для рифовых экосистем, в развитии которых выделяются стадии стабилизации, колонизации, диверсификации, а также доминантная стадия. Она показала, что нормальная деятельность сукцессионной системы может быть нарушена появлением стрессовых факторов, воздействующих на биоценоз и ведущих к кризису экосистемы или к полной ее деградации. Причинами, вызывающими кардинальные экологические перестройки, могут выступать не только глобальные изменения в химии океана (в том числе концентрации растворенного CO_2) или в минералогии карбонатных скелетов организмов (перестройка с кальцита на арагонит), но и такое событие, как закрытие океанов, благодаря которому заметно увеличивались область эрозии и объем питательных веществ, поступающих в океан. Таким образом, при исследовании разрезов говорить о кризисе рифообразования можно лишь детально изучив строение всего рифового комплекса. И наоборот, зная общие принципы развития рифов в определенный отрезок геологической истории (например, набор организмов-каркасостроителей и их фациальную приуроченность), можно понять, что в какой-то момент произошло событие (или их серия), повлиявшее на жизнедеятельность организмов. Одним из признаков, позволяющих распознать влияние стрессов на рифовые экосистемы, может служить замещение нормальной рифовой биоты пионерными видами (организмами, переживающими стрессы, – преимущественно цианобактериями и водорослями). Вследствие таких процессов широкое распространение, как правило, получают бескаркасные иловые (микробиальные) холмы: в Тимано-Печорской провинции и на Урале они наиболее распространены в верхнем девоне – нижнем карбоне.

О похожих необычных органогенных постройках в среднеордовикских отложениях Русской и Сибирской платформ сообщил А.В. Дронов. Образования, изученные им, являются уникальными, так как их возникновение знаменовало собой эволюционный переход от существенно микробиальных биогермов и биостромов к настоящим каркасным рифам. На Русской платформе на этом уровне встречаются так называемые Геккеревы горбы, состоящие из преимущественно глинистого ядра и микритовой коры, имеющие высоту до 4–5 м и образованные губками и цианобактериями. Анализ вмещающих их отложений показал, что эти постройки образовывались в умеренном климате, т. е. являются “холодноводными рифами”, хотя ранее подобные структуры были известны только из тепловодных отложений низких широт. На Сибирской платформе, вблизи подошвы толщ холодноводных карбонатов, описаны эндемичные мойерониево-ангарелловые биогермы, представляющие собой ранее не известное звено эволюции рифовых сообществ. Эти структуры имеют высоту до 2.5 м и диаметр до 12.0 м и встречаются по сути только в одном разрезе (на р. Мойеро). Рифообразователями здесь выступают проблематичные организмы ангареллы, мойеронии и мягковии в ассоциации с цианобактериями и соленопоровыми водорослями (рис. 2). Представители *Angarella* – брахиоподоподобные существа, а *Moyeronia* и *Miagkovia* являются, вероятно, двустворчатыми моллюсками. Андрей Викторович пояснил, что признаками, позволяющими распознать холодноводные карбонаты, служат обилие фауны, крайне малое содержание карбонатного ила, высокое содержание глауконита в составе пород и относительно низкие темпы осадконакопления.

В этом же ключе можно отметить не менее серьезное по масштабу, чем пленарные доклады Школы, сообщение А.П. Вилесова (но в рамках литологического совещания), посвященное изучению смены типов карбонатного осадконакопления на Русской платформе в девоне. Своё выступление он предварил обзором особенностей разных бентосных карбонатных фабрик: тропической, прохладноводной (холодноводной) и автомикритовой (ранее известной как иловохолмной). Тропическая фабрика характеризуется наличием преимущественно скелетных остатков фототрофных организмов и высоким содержанием абиогенных карбонатных зерен, холодноводная – скелетными остатками гетеротрофных организмов, а автомикритовой свойственно накопление биологически индуцированного микрозернистого кальцита. В юго-восточной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции среднефаменские отложения характеризуются наличием многочисленных микробиальных биогермов (строматолитов) с резко подчиненным количеством остатков кораллов и



Рис. 2. Мойерониево-ангарелловые биогермы [Дронов, 2016].

строматопороидей; на них с отчетливым перерывом (подчеркнутым развитием палеокарста) залегают верхнефаменные известняки, значительную долю в которых составляют разнообразные биокласты, целые скелеты организмов, ооиды и пеллоиды; но в последних массивные микробиалиты встречены не были. Комплексы фаций в пределах этих двух толщ также различны. Таким образом, Александру Петровичу удалось доказать, что на рубеже среднего и позднего фамена произошла не просто некая смена обстановок осадконакопления, а полноценный масштабный переход от автомикритовой карбонатной фабрики к мелководной тропической, вызванный глобальными изменениями температуры вод Мирового океана.

Продолжая карбонатную тематику, В.П. Морозов рассказал о тонкостях реконструкции обстановок карбонатного осадконакопления на примере каменноугольных отложений Волго-Уральского региона. Он отметил, что к карбонатным отложениям не всегда применимы принципы фациального анализа, используемые для терригенных пород, несмотря на то что карбонатные осадки при определенном гидродинамическом режиме могут формироваться механическим путем. Согласно его исследованиям, факторами, контролирующими седиментогенез карбонатов, являются удаленность от береговой линии, привнос терригенного материала, палеоэкология, глубина бассейна, расчлененность дна и гидродинамика. Между делом Владимир Петрович отметил, что не совсем корректно говорить об “осадконакоплении известняков”, поскольку известняки являются породой, т. е. системой, претерпевшей значительные изменения с момента образования осадка. Кроме того, он напомнил, что для достоверного фациального анализа необходимо отчетливо выделить и “снять” все постседиментационные преобразования пород, которые могут быть следствием как фонового литогенеза (литогенеза погружения), так и локального литогенеза (вторичных изменений наложенного характера). Последние в свою очередь в зависимости от особенностей эволюции толщи мо-

гут быть как элизионными (глубинными), так и инфильтрационными. В качестве примера приведены процесс масштабного выщелачивания карбонатного матрикса из пакстоунов и последующее выполнение возникших пустот спаритом – явление “превращения” пакстоунов в грейнстоуны. Так было показано, что недостаточно тщательный анализ особенностей компонентов может привести к ошибкам в генетических интерпретациях.

Как всегда, на Школе самое пристальное внимание уделено вопросам фациального анализа. В частности, было продемонстрировано, что для эвапоритовых толщ также иногда характерно наличие самых разнообразных типов слоистости, свидетельствующее о том, что и образование сульфатов в некоторой степени может контролироваться механическими факторами. О необычном терригенно-сульфатном (с общим содержанием гипса в породах не менее 50%) разрезе кунгурского яруса нижней перми на р. Зилим близ с. Акташево (Южный Урал), в Предуральском краевом прогибе, поведал слушателям В.М. Горожанин. Уникальность разреза заключается в том, что в нем можно наблюдать взаимоотношения артинского глубоководного флиша и сульфатов кунгурского эвапоритового бассейна. Таких объектов в восточном борту Предуральского прогиба больше нет. Докладчик подчеркнул, что кунгурские отложения, несомненно, залегают с тектоническим нарушением на артинских, смятых в интенсивные складки, однако над этой зоной крупные разломы отсутствуют. Нижняя пачка кунгурской толщи сложена песчаниками и алевролитами, зерна которых представлены терригенным материалом – продуктами разрушения Уральского орогена, а основная масса породы состоит из гипса. В то же время в ряде случаев обломки (до гравийных размеров включительно) могут быть сложены гипсом. В целом в этой ритмично построенной пачке можно наблюдать горизонтальную, косую и конволютную слоистость, восходящую рябь волнений, градиационную сортировку зерен, следы размыва подстилающих осадков с подошвенными

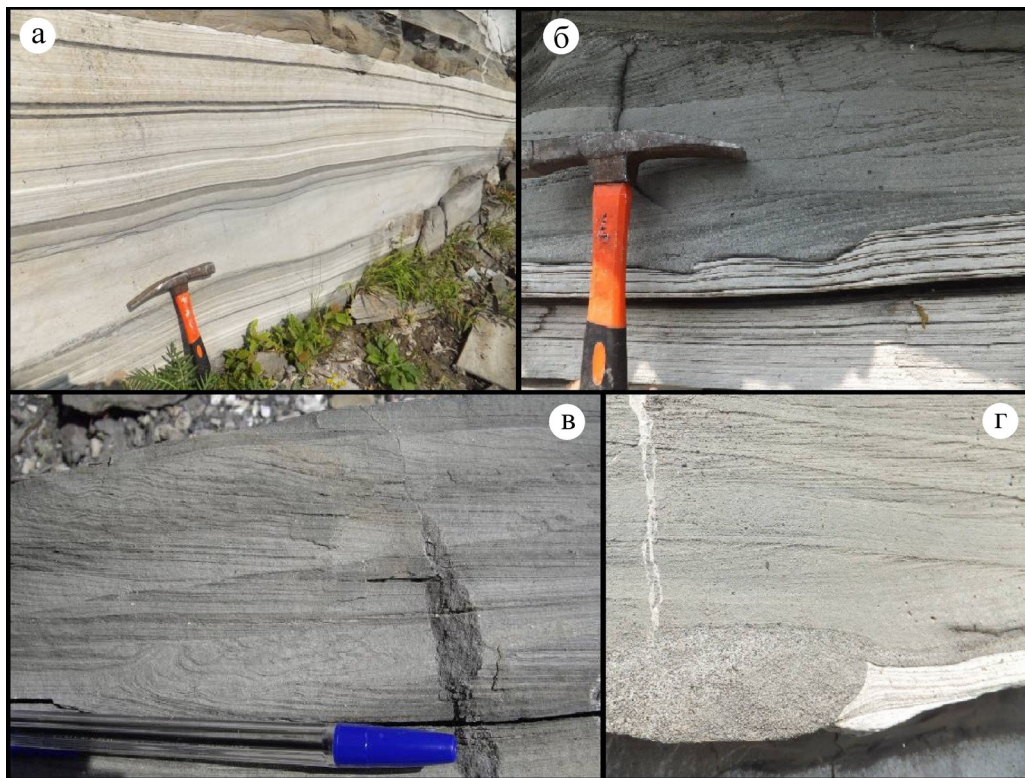


Рис. 3. Текстуры в терригенно-сульфатной толще [Горожанин, 2016].

а – горизонтально- и волнисто-слоистая, б – следы размывов в основании ритмов, в – конволютная слоистость, г – признаки предполагаемых темпеститов.

знаками, подводно-оползневые структуры – т. е. в том числе слабо выраженные признаки турбидитов и, возможно, темпеститов (рис. 3). По совокупности отмеченных характеристик Валерий Михайлович сделал вывод об осадконакоплении в пределах переходной области от глубоких вод к мелководью – с глубинами порядка 100–200 м (что ранее считалось нетипичным для эвапоритов) и формировании отложений в обстановках лагунной впадины в восточном борту прогиба.

Фактом, что микроорганизмы могут принимать непосредственное участие в формировании осадочных пород, уже никого не удивит. Однако найти прямые свидетельства микробиального генезиса в конкретных объектах – дело далеко не простое. В докладе “Литология микробиолитов” В.Г. Кузнецов привел массу электронно-микроскопических фотографий, на которых запечатлены непосредственно остатки древних микроорганизмов, преимущественно коккоидных и нитевидных цианобактерий. Эти существа способны локально изменять pH среды вокруг себя, что при определенных обстоятельствах приводило к биологически индуцированной минерализации внешних оболочек с сохранением формы организмов. Исследования показали, что такие структуры наиболее представительны не только в карбо-

натах (как в наиболее распространенных биогенных породах), но и в отложениях кремнистого и фосфатного состава, где их сохранность обеспечивается достаточно высокой устойчивостью минералов к перекристаллизации. Виталий Германович не оставил в стороне и эволюционные вопросы. Он особо отметил, что после самых значительных массовых вымираний биоты первыми (и в больших количествах) возникают именно микробиальные образования (в частности, после пермотриасового, франско-фаменского и позднеордовикского кризисов), вероятно, во многом благодаря способности микроорганизмов исключительно быстро занимать свободные экологические ниши. Такое явление в полной мере согласуется с данными, упомянутыми А.И. Антошкиной.

Наиболее близкой к литологии по объектам исследования, наверное, можно назвать палеонтологию. Как подметил Д.В. Гражданкин, палеонтологам постоянно приходится иметь дело с литологическими объектами, поскольку минерализованные остатки организмов сохраняются гораздо лучше, чем органические вещества, из которых состояли живые существа. По словам Дмитрия Владимировича, каждая находка – это уникальный литологический объект, ведь у него было очень мало шансов попасть в геологическую летопись. Сложнее всего

сохраниться было мягкотелым (нескелетным) формам, например представителям докембрийских организмов из типа вендобиионтов (*Vendobionta*). Их фоссилизация обеспечивалась раннедиагенетической пиритизацией остатков (образованием так называемых “посмертных масок”) в закрытой системе. Такой процесс, вероятно, мог иметь место благодаря наличию микробиальных матов на поверхности перекрывающего осадка, служивших своеобразным геохимическим барьером, препятствующим разложению органического вещества. За последние несколько десятков лет по всей Земле было обнаружено немалое количество фоссилированных лагештеттов (осадочных тел с высокой концентрацией палеобиологической информации) с вендской биотой: Mistaken Point (о. Ньюфаундленд, Канада), Charnwood Forest (Великобритания), хребет Flinders Ranges (Южная Австралия), каньон р. Fish River (Намибия), юго-восточное Беломорье, изучение которых пролило свет на природу этих существ. Лектор подчеркнул, что в настоящее время большинство из них считаются протистами, состоящими из разветвленной системы камер: по устройству они были сходны с современными крупными одноклеточными фораминиферами. Благодаря такому строению отдельные особи могли достигать размеров десятков сантиметров.

Школа в мировоззренческом плане, без всякого сомнения, оказалась полезной для молодых ученых и, вероятно, не только для них. Наверное, никого из участников не оставило равнодушным высказывание М.Г. Леонова: “Наука – не трамвай, здесь молодым и старикам места не уступают”. Действительно, в науке важнейшими критериями являются обоснованность результатов и значимость научного исследования, а не возраст и авторитет исследователя. Казалось бы, такая мысль вступает в противоречие с самой идеей Школы, однако, по причине ощутимой разницы в опыте участников и в связи с необходимостью привлекать перспективную и заинтересованную молодежь в науку, такой формат организации научного мероприятия, на наш взгляд, является наиболее удачным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антошкина А.И.* Рифы и другие карбонаты в биосфере палеозоя (на примере Тимано-Североуральского региона) // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 7–11.
- Вилесов А.П.* Бентосные карбонатные фабрики фамена юго-восточной части Волго-Уральской нефтегазональной провинции и особенности строения пустотного пространства пород-коллекторов // Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минералогия: мат-лы XI Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 50–53.
- Гаврилов Ю.О.* Структура и динамика формирования карбонатной платформы в поздней юре–раннем мелу на Большом Кавказе // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 27–28.
- Горожанин В.М.* Литологические особенности, фации и эпигенез эвапоритов кунгурского яруса нижней перми восточного борта Предуралья (разрез “Акташево”, Южный Урал) // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 29–33.
- Гражданкин Д.В.* Уникальные литологические объекты в палеобиологии // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 33–37.
- Дронов А.В.* Уникальные холодноводные рифы среднего ордовика Русской и Сибирской платформ // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 37–41.
- Кузнецов В.Г.* Бактериальные сообщества и осадочное породообразование // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 41–44.
- Морозов В.П.* Литогенетический анализ как метод реконструкции седиментогенеза и постседиментационных изменений (на примере нефтеносных карбонатных пород нижнего и среднего карбона Волго-Уральского региона) // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: мат-лы II Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 58–62.