

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Богоявленская О.В.** К познанию природы рода *Amphipora (Stromatoporida)* // Проблематики позднего докембрия и палеозоя. М.: Наука, 1985. С. 62-69.
2. **Богоявленская О.В.** Амфипоровые сообщества (*Stromatoporida*) как пример палеосукцессии Уральского палеобассейна в среднем палеозое // Материалы II Междунар. симп. "Эволюция жизни на Земле". Томск, 2001. С. 47-49.
3. **Богоявленская О.В., Данышина Н.В.** Новые девонские субцилиндрические строматопораты // Палеонтол. ж., 1984. № 3. С. 15-25.
4. **Богоявленская О.В., Данышина Н.В., Федоров М.В.** Опыт изучения амфипоровых сообществ (*Stromatoporida*) в силуре-девоне Урала и Волгоградского Поволжья // Теория и опыт экостратиграфии. Таллинн: Валгус, 1986. С. 201-206.
5. **Макаренко С.Н.** Палеоэкология строматопорат и их роль в образовании органогенных построек палеозоя в Западно-Сибирском палеобассейне // Материалы II Междунар. симп. "Эволюция жизни на Земле". Томск, 2001. С. 184-189.
6. **Преображенский Б.В.** Современные рифы. М.: Наука, 1986. 243 с.
7. **Lecompte M.** *Stromatoporoidea* // Treatise on Invertebrate Paleontology, 1957. P. F. P. 107-144.

УДК 552.5:56 (113.4) (470.5)

О.Э. Погромская

ЛИТОБИОМИКРОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Вся геология построена на изучении различных событий и их последствий в истории Земли как эволюционирующего геологического тела. Объектами геологии, в особенности прикладной, являются результирующие продукты воздействия различных геологических процессов на окружающую среду.

В данной статье мы рассматриваем такой геологический процесс, как осадконакопление, результатом которого являются, соответственно, осадочные породы. Исследование данного процесса позволяет нам восстановить древние ландшафты: прогибы и поднятия, скорость прогибания и воздымания земной поверхности, направленность тектонических процессов, области размыва и тому подобное. Полученные сведения дают возможность определить локализацию потенциальных полезных ископаемых.

Исследование осадконакопления начинается с изучения продуктов этого процесса, то есть осадочных пород, в нашем случае – карбонатных отложений. Осадочные породы, так же, как и любой объект обладают рядом признаков, позволяющих отличать один объект от другого. Комплекс литологических, петрографических и палеонтологических особенностей осадочных пород объединён под названием "фашия отложений", а метод изучения данного комплекса признаков носит название "фашиального анализа".

Понятие "фашия" впервые было использовано Грессли [1838], но наибольшее развитие учение о фашиях получило сравнительно недавно, благодаря всё большему использованию в геологических изысканиях палеогеографического метода.

Так как любой физический объект является бесконечным по своей структуре, то есть является совокупностью более мелких объектов, так и фашия, в зависимости от детализации исследований, может включать множество микрофаший, что отвечает определению Флюгеля [7]. Микрофашии выделяются в результате применения микроскопического метода при исследовании фашии. Микрофашия характеризует менее значительные седиментологические события, нежели фашия, что позволяет с большей точностью дать определения геологическим событиям седиментогенеза в том или ином участке бассейна. Микрофашии являются составными частями, из которых складывается общая мозаика фаший. Методический подход Флюгеля значительно повышает возможности получения информации об условиях образования осадка, как и качество этой информации. Этот исследователь в значительной мере использовал при характеристике микрофаший палеонтологическую составляющую породы, что является вполне закономерным действием в

отношении карбонатных осадков, однако палеонтологическая информация все-таки не получила должного отражения при классифицировании карбонатных пород. Большинство исследователей понимают микрофазию как наименьшую по объему и площади часть седиментационного слоя или неслоистого карбонатного тела, которое отличается от окружающего пространства литологическими признаками.

Карбонатные породы в основном являются результатом деятельности животных и растительных организмов. Создавая свой жесткий наружный скелет, они переводят в связанное состояние огромное количество карбоната кальция. Этот процесс, результаты которого имеют общепланетарное значение, осуществлялся и осуществляется разнообразными сообществами организмов, которые можно свести в ископаемом осадке к большой серии первичных палеобиоценозов, продуцирующих ископаемый осадок. Органическая и неорганическая составляющие осадка могут быть объединены под собирательным названием "литобиомикрофазия" (ЛБМ). Литобиомикрофазия – наименьшая по объему и площади, целесообразно выделяемая часть седиментационного слоя или неслоистого карбонатного тела, которая отличается от окружающего пространства литологическими и палеонтологическими признаками. ЛБМ должна включать в свое название оба признака; палеонтологический индикатор выбираем по преобладающим организмам или их ассоциациям. Число первичных ЛБМ многократно увеличивается за счет воздействия различных разрушающих факторов биотопа – волн, течений, осушения и размыва, разномасштабного переотложения. При этом одни из первичных ЛБМ могут преобразоваться в карбонатный ил с потерей значительной части биологической информации, другие, созданные организмами с жестким каркасом, с течением времени практически не изменяются. Между этими крайними ЛБМ существуют многочисленные промежуточные стадии преобразования первичных ЛБМ.

Важно заметить, что карбонатный осадок, в силу его очень быстрой в геологическом смысле литификации, сохраняет почти весь объем информации о составе биоценоза, по крайней мере, его карбонатпродуцирующей части. Следовательно, карбонатные породы, в отличие от терригенных, сохраняют в себе практически все биологические признаки фаций, что и позволяет ввести палеонтологические данные в число классификационных элементов микрофаций, другими словами, расширить это понятие до уровня литобиомикрофаций.

При всеобщем признании огромной роли организмов в формировании карбонатных пород в их классификациях – зарубежных и отечественных - все многообразие типов пытались свести к немногим гранулометрическим классам. Определенная дань организмам отдавалась введением класса биогенных пород, отражающего наличие органических построек разного ранга. Среди многообразных карбонатных обломочных пород значение организмов индексировалось различными приставками типа "био-", "поли-" и так далее. В своей работе [1] этот недостаток мы попытались свести к минимуму за счет насыщения одной из традиционных классификаций карбонатных пород палеонтологической составляющей. В результате этой операции многократно увеличивается информация как о породе, что имеет немаловажное значение при детальной корреляции разрезов, так и об условиях ее образования.

Карбонатные породы весьма разнообразны по вещественному составу, структуре и происхождению, вследствие чего среди них выделяется много типов пород и разновидностей. Существует несколько классификаций карбонатных пород, основанных на различных подходах к изучению осадков. При построении классификационных схем и разработке терминологии на первый план выдвигаются различные свойства осадочных карбонатных пород, которые теми или иными исследователями считаются важнейшими и используются при построении классификаций. Первой широко применяемой классификацией в нашей стране была классификация Л.В. Пустовалова [3].

Самой удобной и потому наиболее используемой отечественной классификацией является классификация И.В. Хворовой [4].

Эта классификация основана на выделении различных типов пород в зависимости от происхождения осадочного материала, то есть является генетической (рис. 1). Сходство классификации И.В. Хворовой с классификациями других отечественных авторов состоит в терминологии, в которой не учитывается определение типа цемента [2].

Для выделения и классифицирования литобиомикрофаций нами определена как наиболее удобная система Данхэма [5] (рис. 2) с дополнениями Эмбри и Кловена [6]. В свете расширяющегося сотрудничества между российскими и зарубежными геологами актуальной остается проблема разработки единой геологической терминологии, понятной как иностранцам, так и отечественным специалистам, поэтому термины классификации Данхэма мы поясняем номенклатурой, используемой

И.В. Хворовой. В основу классификации положен литолого-морфологический принцип, т. е.: 1) производилась сортировка по количеству зёрен в породе (менее 10 %, более 10 %, более 20 %); 2) сортировка по размерам зёрен (более или менее 2 мм); 3) сортировка по типу цемента, его объёму и по соотношению в породе между различными типами цемента (спарит, микрит); 4) отбор по органическим остаткам в зависимости от морфологии организмов и их твёрдых скелетов, а также механизма связывания осадка.



Рис. 1. Классификация карбонатных пород И.В. Хворовой

Данхэмом выделены: 1) класс пород, в которых основу составляет известковый или доломитовый ил, а частицы крупнее 0,02 мм в нем рассеяны; 2) класс пород, в которых частицы крупнее 0,02 мм многочисленны и при отложении находились в контакте друг с другом.

Первый класс пород подразделяется на две группы: мадстоун с содержанием менее 10 % зерен и вакстоун, который содержит более 10 % зерен, но они не столь обильны, чтобы поддерживать друг друга. Мадстоун и вакстоун классификации Данхэма соответствуют шламовым и микрозернистым известнякам в классификации И.В. Хворовой.

Во втором классе выделяются группа пакстоунов и грейнстоунов. Породы, относящиеся к группе пакстоунов, содержат более 20 % зерен и некоторое количество ила, в группе грейнстоунов, количество зерен в породах примерно такое же, как и в группе пакстоунов. Отличие состоит в том, что известняки этой группы не содержат ила. Выше названные группы известняков в классификации Данхэма соответствуют известняковым песчаникам и мелкообломочным известнякам в классификации, предложенной Хворовой.

Термины флоутстоун и рудстоун были введены Эмбри и Кловеном в связи с исследованием рифовых известняков. Рудстоун - грубообломочная порода, содержащая более 10 % зерен крупнее 2 мм, частицы рудстоуна соприкасаются друг с другом. Цементом данной породы является спарит. Группа рудстоунов вмещает в себя известняковые конгломераты, гравелиты и крупнообломочные известняки, выделяемые И.В. Хворовой. Флоутстоун - грубообломочная порода, содержащая более 10 % зерен крупнее 2 мм, частицы флоутстоуна "плавают" в микрите, не соприкасаясь друг с другом. Цементом данной породы является микрит. Данный класс пород частично соответствует брекчиям в классификации И.В. Хворовой.

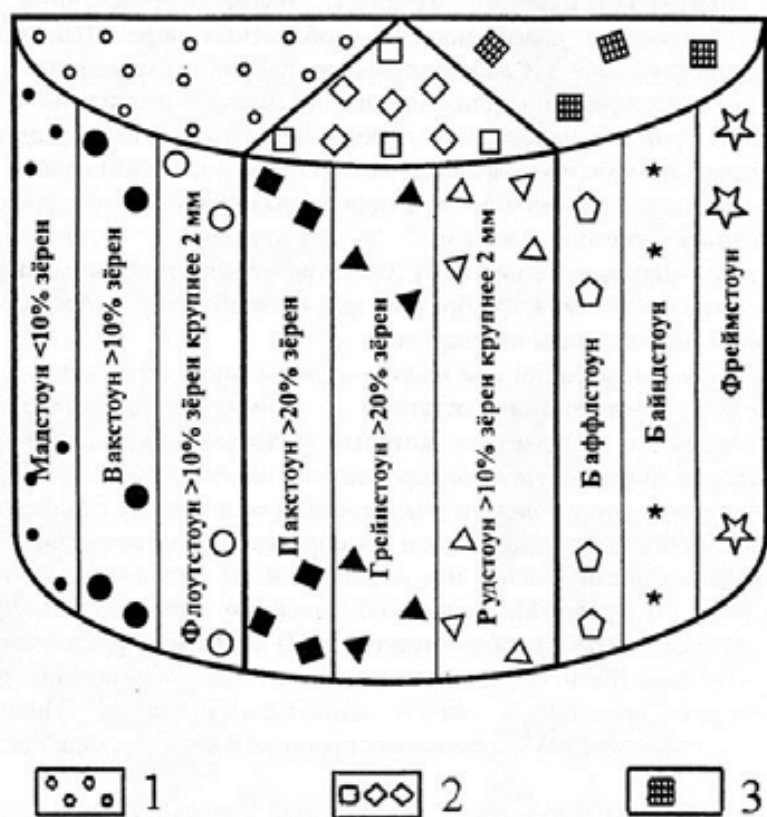


Рис. 2. Классификация карбонатных пород Данхэма с добавлениями Эмбри и Кловека:
 1 – зёрна “плавают” в матриксе; 2 – зёрна опираются друг на друга; 3 – биогенные породы

Рифовые породы первичного биогенного происхождения Данхэм поместил в отдельный класс байндстоунов. Данный класс известняков был разделен Эмбри и Кловеном на три группы: бафлстоун, байндстоун и фреймстоун. Бафлстоун - известняк, состоящий из органических остатков стеблевидной формы. Бафлстоуны образуются в условиях спокойной воды между растущими ветвями кораллов, мшанок или губок. К бафлстоунам могут быть отнесены фитогенные, зоогенные и фитозоогенные известняки, выделяемые в классификации И.В. Хворовой. Байндстоун - порода, состоящая из пластинчатых или таблитчатых организмов, которые скрепляют и покрывают первичные компоненты осадка. К организмам такой морфологии относятся некоторые водоросли, прикрепленные фораминиферы, пластинчатые строматопороидеи. Байндстоун также может сопоставляться с “зоогенными”, “фитогенными”, “фитозоогенными” известняками в классификации И.В. Хворовой. Фреймстоун - порода, в которой массивные формы окаменелостей образуют жесткую трехмерную постройку. Например, образователями фреймстоунов можно считать кораллы. Данный класс пород соответствует зоогенным породам в классификации Хворовой.

Номенклатура классификации Данхэма удобна, так как она отражает морфологию породы с одной стороны, определяемую с первого взгляда, с другой, – вмещает в себя важные структурные признаки, такие, как: зёрна, цемент и их отношения. Синтез генетических и структурных данных, взаимно дополняющих друг друга, делает систематизацию пород наиболее объективной, а восстановление седиментологической среды – наиболее достоверным. Практика показала, что классификация Данхэма является весьма удобной и легко запоминающейся, чему способствует простота и выдержанность её строения. При помощи номенклатуры, предложенной Данхэмом, породы можно идентифицировать уже в полевых условиях с помощью лупы. Кроме того, эта система, в которой уделено внимание структуре пород и содержанию матрикса, позволяет отличать

породы, возникшие в различных по своей гидродинамике обстановках. Так, например, известняки с глинистым матриксом и с цементом базального типа могут указывать на их отложение в низкоэнергетической обстановке. Напротив, породы со структурой соприкосания, не содержащие матрикса, заставляют предполагать, что они осаждались в высокоэнергетической обстановке, в которой не могло сохраниться илистого материала. Выше перечисленные причины являются предпосылками для обозначения классификации карбонатных пород Данхэма (с дополнениями Эмбри и Кловен) как приоритетной для лабораторных и полевых исследований.

К недостаткам классификации Данхэма можно отнести отсутствие в её подразделениях термина для выделения "ракушечников". Эти породы нельзя отнести ни к одной из групп пород, выделяемых Данхэмом. Так, мадстоун является известковым или доломитовым илом; породы ряда пакстоун – рудстоун являются обломочными; а породы ряда баундстоун – рифообразующими. Мы предлагаем использовать термин "когенит" в дополнение к остальным наименованиям, предложенным Данхэмом. Данным термином будут обозначаться автохтонные породы, образованные целыми раковинами таких организмов, как брахиоподы, остракоды и т. п. Аллохтонные ракушечники мы предлагаем называть аллохтонным когенитом.

Выделение литобиомикрофаши при наших исследованиях основывалось на количественном соотношении различных органических остатков в шлифе, в результате чего определялись доминирующие группы (одна или две), по которым и давалось определение породы, например криноидный грейнстоун, фораминиферо-водорослевый пакстоун и т. п. Полученные данные наносились затем на колонку, что позволяло выявлять общую динамику седиментогенеза и вариации в распределении типов карбонатных пород, как и в распределении организмов.

Литобиомикрофашиальный анализ мы опробовали на карбонатных отложениях верхнего девона Среднего и Южного Урала. Материалы по западному склону Урала происходят из серии разрезов Кыновско-Чусовского (КЧП) и Каратауского (КП) поднятий и разделяющих их депрессий.

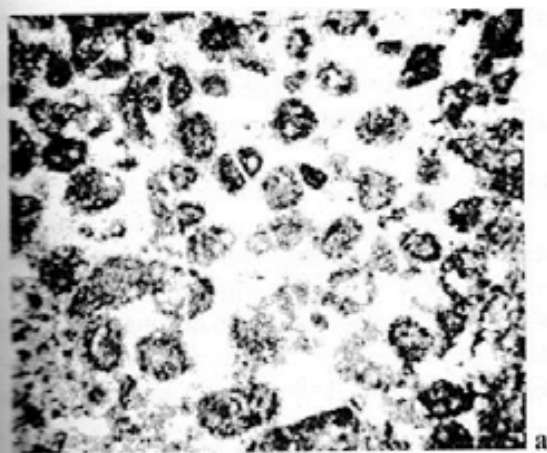
На восточном склоне были также изучены терригенные образования зилайской серии, в состав которой входят прослои и пакки карбонатных пород. Произведенный анализ литобиомикрофаши верхнедевонских карбонатных пород западного склона Урала позволил сделать следующие выводы:

1. В разрезах депрессионного типа установлены следующие типы карбонатных пород: автохтонные микриты и биокластические и биокластово-пелоидные вакстоуны и пакстоуны с комплексом глубоководных организмов.

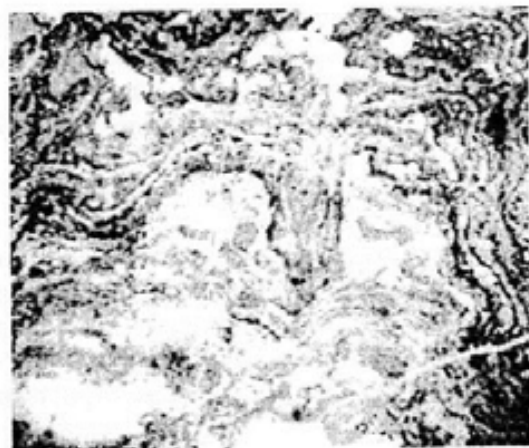
2. На склонах поднятий формировались водорослевые и брахиоподово-водорослевые рифы. Для разрезов бортового типа, характерны, строматолитовые и водорослевые байндстоуны (рис. 3, б), биокластово-интракластические и биокластические грейнстоуны (рис. 3, в) и рудстоуны (рис. 3, г). Органические сообщества разрезов данного типа отличаются богатством и разнообразием форм, их неравномерным распределением, абсолютным преобладанием мелководных форм организмов: синне-зелёных, зелёных водорослей, строматолитов. В породах содержится значительное количество пелоидов (рис. 3, а), интракластов, онколитов и оолитов. Осадконакопление разрезов бортового типа осуществлялось в пределах фотической зоны с активной динамикой вод.

3. Породы разрезов сводового типа, расположенные в центральных частях поднятий, представлены биокластово-строматопоровыми, амфипоровыми и интракластическими рудстоунами (рис. 3, д) и грейнстоунами (рис. 3, е), вакстоунами. Породообразующими организмами для отложений рассматриваемого типа являются амфипоры и строматопоры, помимо которых большое значение имеют синне-зелёные водоросли, кораллы. В породах разреза сводовой части поднятий в большом количестве присутствуют интракласты, пелоиды.

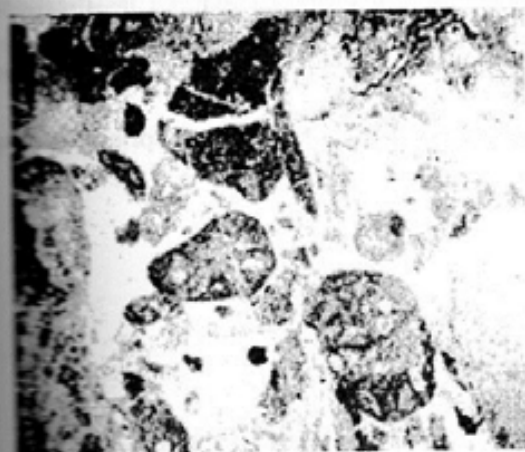
Разностороннее исследование карбонатных пород, в частности органиогенных построек, имеет большое прикладное значение, так как с ними связан ряд очень важных в промышленном отношении полезных ископаемых – нефть, газ, бокситы, фосфориты, марганцевые руды, пресные воды и так далее. Методика выделения и изучения ЛБМ верхнедевонских карбонатных пород западного склона Урала может иметь большое значение для определения происхождения первичной пористости и проницаемости, что зависит, прежде всего, от условий образования осадка, состава и способа захоронения различных органических остатков, то есть определяется в первую очередь типом ЛБМ. Эти же исследования позволяют устанавливать в однообразной толще карбонатных пород кратковременные, не датированные биостратиграфически перерывы и размыты, наличие которых существенным образом влияет на коллекторские свойства пород.



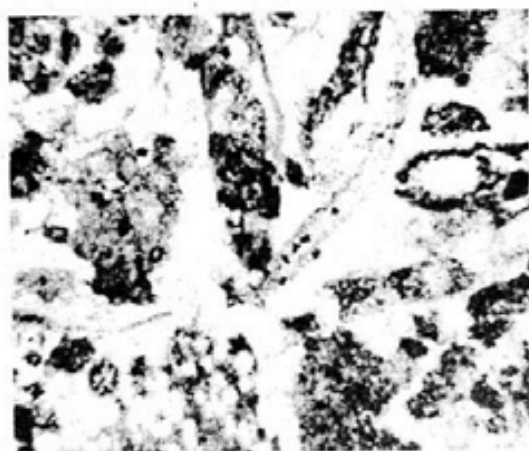
а



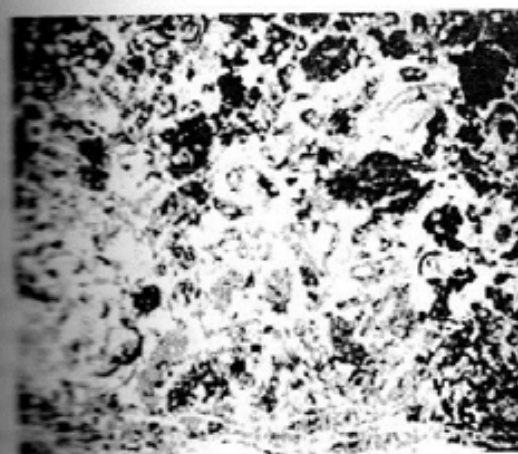
б



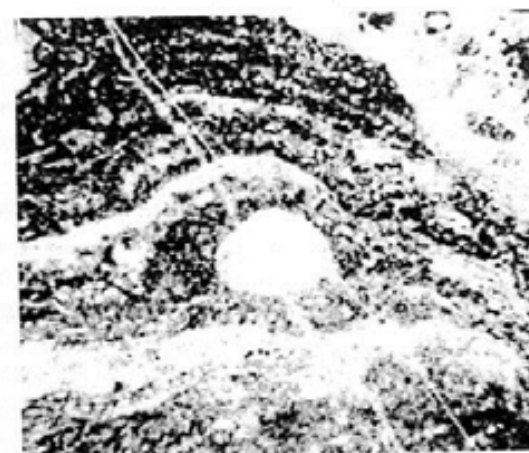
в



г



д



е

Рис. 3. Литобиомикрофации верхнего девона западного склона Урала:

а - пеллоидный грейстоун; б - строматолитовый байндестоун; в - интракластический грейстоун; г - анастомозирующий рудестоун; д - амфиноровый рудестоун; е - строматолитовый грейстоун

На примере верхнедевонских образований установлены закономерности пространственного и временного распространения литобиомикрофаций, их разнообразие, произведена типизация, выделены пространственные и временные соотношения, выполнено сравнение литобиомикрофаций карбонатных пород восточного и западного склонов Урала.

В дополнение к личной коллекции автора шлифы были предоставлены член-корреспондентом РАН Чувашовым Б.И., доктором геолого-минералогических наук Ивановым К.С. и сотрудниками палеонтолого-стратиграфической партии ОАО УГСЭ - главным геологом Кучевой Н.А. и

начальником палеонтологического отряда Степановой Т.И. Всем названным коллегам автор выражает благодарность за предоставленный материал.

Исследования проводились при поддержке РФФИ (грант 02-05-96432) и программы "Ведущие научные школы", грант НШ-85.2003.5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилосова О.Э. Сравнительная характеристика классификаций карбонатных пород // Тезисы докладов третьего Уральского литологического совещания. Екатеринбург, 1998. С. 72-75.
2. Погромская О.Э. Литобиомикрофацции карбонатных пород верхнего девона Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 282 с.
3. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. В 2 т. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1940. Т. 2. 420 с.
4. Хворова И.В. Атлас карбонатных пород среднего и верхнего карбона Русской платформы. М.: АН СССР, 1958. 170 с.
5. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture/Classification of Carbonate Rocks. (ed. by W.E. Ham) / Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1962. P. 108-121.
6. Embry A.F., Klovan J.E. A late Devonian reef traction north-eastern Banks Island, Northwest Territories // Bull. Can. Petrol. Geol., 1971. V. 19. P. 730-781.
7. Flugel E. Microfacies analysis of limestones. Berlin-Heidelberg-NewYork, (Springer-Verlag), 1982. 633 p.

УДК 551.3.051

В.П. Алексеев

К ВОПРОСУ О СКОРОСТИ ТЕРРИГЕННОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ БЛОКЕ

Скорость является одной из важнейших характеристик любого процесса, в том числе и геологического. Важнейшей обобщающей сводкой в области скорости геологических процессов является работа [2], имеющая одновременно и характер справочника. Наиболее детально вопросы, связанные с изучением скорости осадконакопления, рассмотрены С.И. Романовским [5, 6]. Не преследуя целью охват проблемы в целом, изложим лишь некоторые соображения, базирующиеся на наших многолетних исследованиях сероцветных терригенных (угленосных) толщ, преимущественно юрского возраста.

В качестве исходного положения нами принимается наблюдаемое существенное различие в скоростях современного и древнего осадконакопления. Для первого (континентальные осадки) наиболее характерны величины, измеряемые от нескольких сотен и (в основном) до первых тысяч Б ($1\text{Б} = 1\text{ бубная} = 1\text{ м/млн лет} = 1\text{ мм/тыс. лет}$) [2]. Скорости же древнего осадконакопления, оцениваемые соотношением мощностей конкретных осадочных толщ и геологическим временем их образования, изменяются обычно в пределах 5–50 Б. Скорости более 100 Б уже характеризуют сверхбыструю, лавинную (по А.П. Лисицыну) седиментацию и присущи только ограниченным областям с особым механизмом осадконакопления. Такое различие на уровне примерно двух порядков ($n \cdot 10^2$, где n изменяется в достаточно широком диапазоне, но в основном имеет значения 0,5-2) естественным образом приводит к признанию наличия и высокой значимости перерывов в осадконакоплении. Классическая схема осадконакопления, объясняющая обилие скрытых перерывов или *диветем* (гр. *diastems*) дана Дж. Баррелом (1917). На принципиальное значение перерывов при рассмотрении истории геологического развития любого региона, в частности, указано Д.В. Наливкиным (1974). С общих позиций явления перерывов в разрезе, включая выпадающие из стратиграфической последовательности интервалы – *гиатусы* (лат. *hiatus*) – рассмотрены К. Даибаром и Дж. Роджерсом (1962). В крайнем случае инъеक्टивного седиментогенеза все это может привести к такому "седиментологическому парадоксу", когда "...вся свита, сложенная турбидитами, образовалась в течение перерыва в осадконакоплении" [6], поскольку время "чистой" седиментации