

**К ВОПРОСУ О ТЕРМИНОЛОГИИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ВЫДЕЛЕНИИ  
БИОГЕРМНЫХ ПОСТРОЕК ПРИ НЕФТЕПОИСКОВЫХ РАБОТАХ**

*Е.Н.Горожанина, В.М.Горожанин\**

\*Институт геологии, Уфимский научный центр РАН

**E-mail:gorozhanin@ufaras.ru**

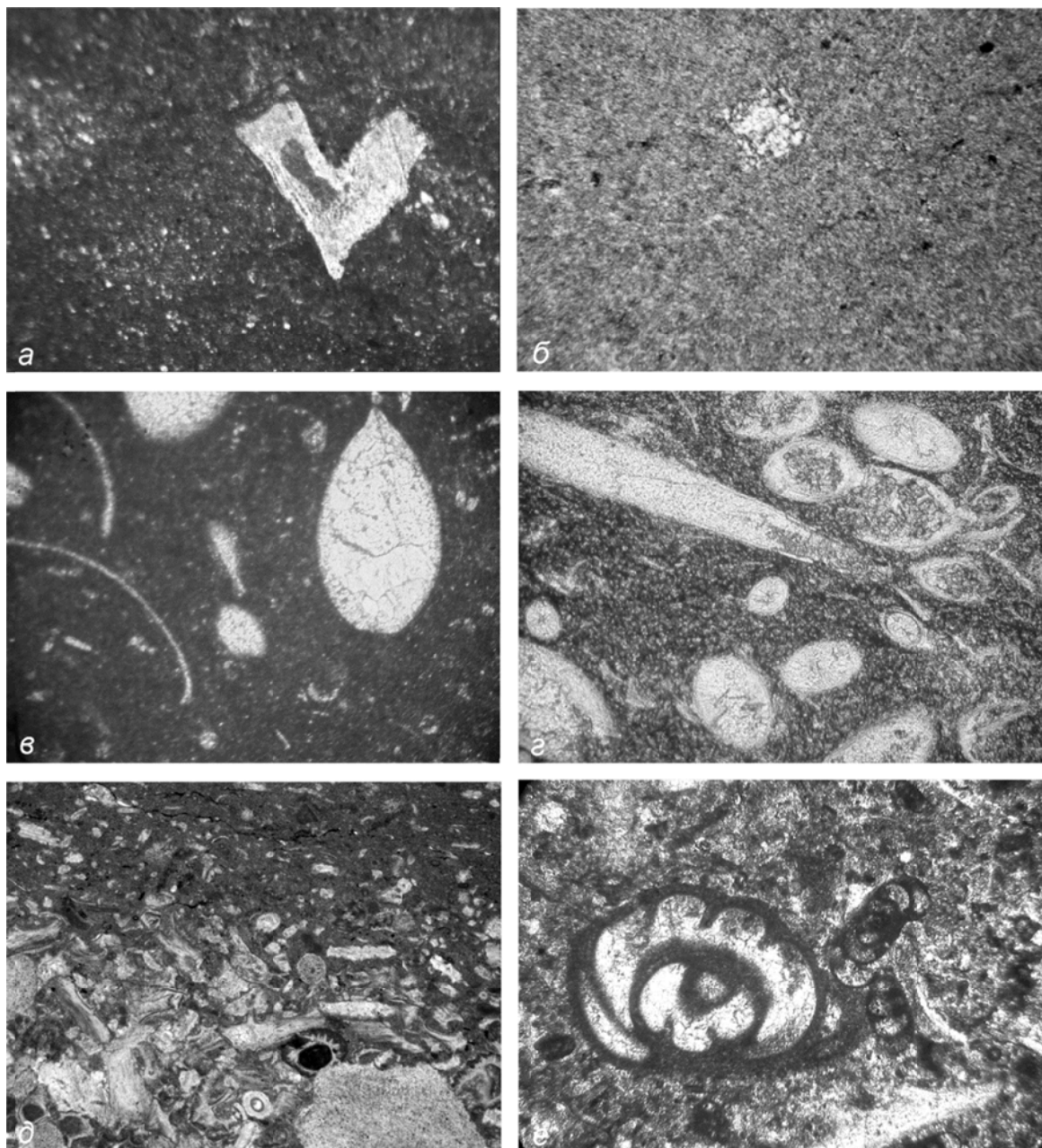
В докладе приведены примеры использования терминов наиболее распространенной классификации известняков Д. Данхема [Dunham,1962], основанной на типе и количестве матрикса в биокластовых разностях. Показано преимущества данной классификации при микрофациальном анализе и определении обстановок осадконакопления. Приведены критерии, позволяющие определить тип карбонатной породы при нефтепоисковых работах.

**Ключевые слова:** известняк, шельф, микрофации, вакстоун, пакстоун, грейнстоун, баундстоун, цементостоун.

При нефтепоисковых работах в карбонатных толщах, сформированных на древних шельфах, основной целью поиска нередко являются биогермные постройки, которые рассматриваются как структуры, которые должны иметь высокую первичную пористостью. Распознавание таких тел в осадочной последовательности в некоторых случаях встречает определенные затруднения. Наш опыт работы с карбонатными толщами позднего палеозоя в Предуральском краевом прогибе, Северном Прикаспии [1] и других местах, показывает, что случаи недостаточно обоснованного выделения биогермов часто связаны с недостаточно четким применением терминов классификации карбонатных пород.

При микроскопическом описании шлифов карбонатных пород наиболее часто применяется классификация Р. Данхема [2] с дополнениями по [3, 4, 5]. Согласно этой классификации, известняки, сложенные обломками фауны (биокластикой) и обломками карбонатных пород (литокластикой) в зависимости от соотношения обломков (зерен) и матрикса подразделяются на несколько типов (**рисунки 1, 2, 3 а,б**). Микритовые известняки с единичными биокластами (биомикрит по [6]) в иловом матриксе относятся к мадстоунам (**рисунок 1,а,б**). Мелкобиокластовые известняки с микритовым (иловым) матриксом относятся к вакстоунам (ил с биокластикой, зерна не соприкасаются) (**рисунок 1,в,г**), при увеличении количества зерен (зерна соприкасаются), известняк называется пакстоуном (**рисунок 1, д,е**).

Зернистые известняки, в которых зерна соприкасаются, матрикс отсутствует, называются грейнстоуны (**рисунок 2, а,в; рисунок 3, а,б**). По другой классификации [6] они называются калькаренидами. Для известняков, сложенных крупными обломками фауны, в том числе рифостроителей, приняты названия рудстоун (**рисунок 2, д,е**) (обломки соприкасаются) и флаутстоун (**рисунок 2, б,г**) (обломки не соприкасаются, «плавают» в матриксе).



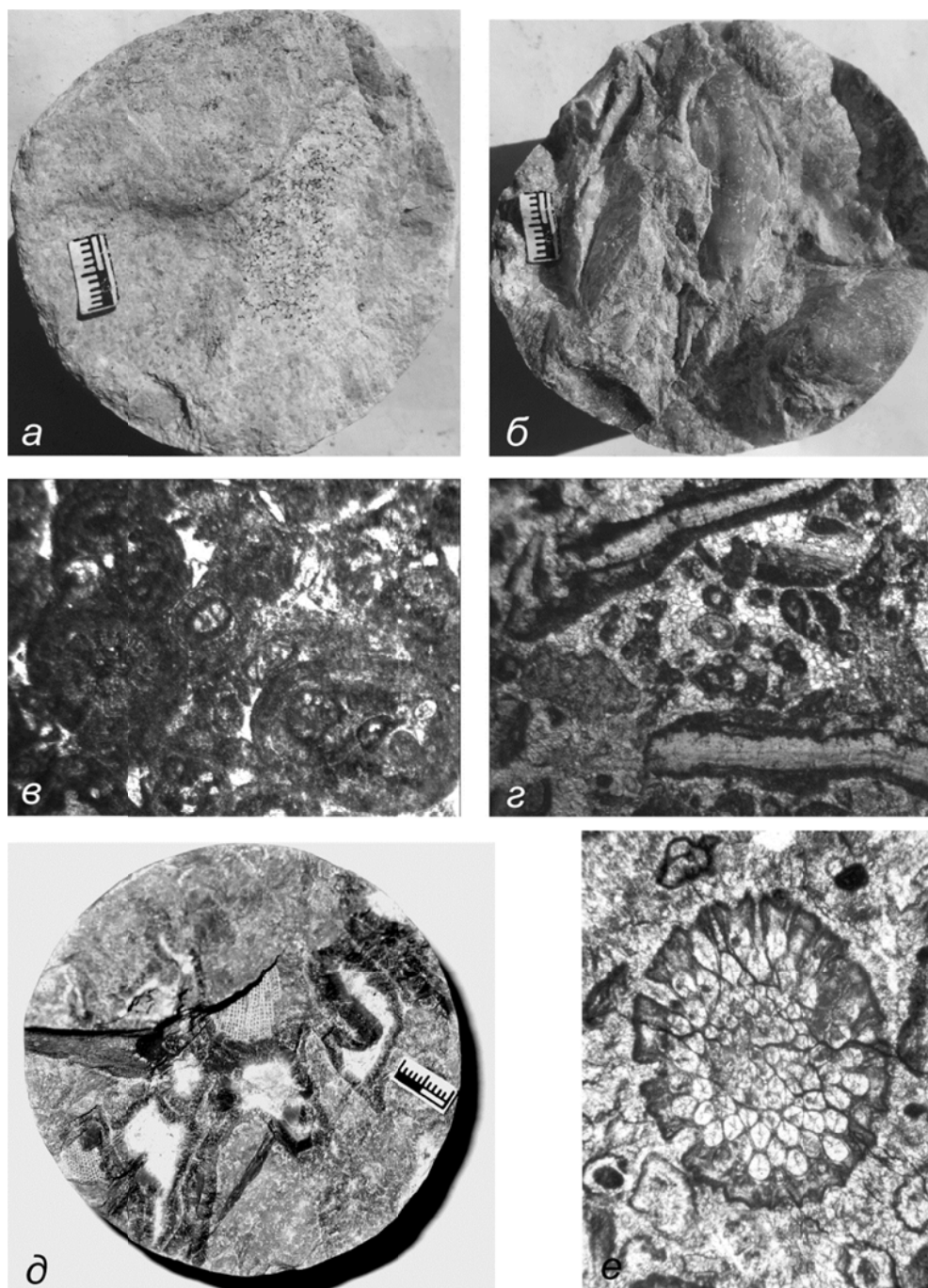
**Рисунок 1.** Типы мелкобиокластовых известняков с иловым матриксом (мадстоуны, вакстоуны, пакстоуны). Микрофотографии шлифов, николи параллельны, длина снимка 2 мм:

а – мадстоун с единичными члениками криноидей в микролите, микрофация глубоководного шельфа, нижняя пермь, ассельский ярус, скв. Акбинская 174; б – мадстоун с единичными кристаллами гипса, нижняя пермь, кунгурский ярус, лагунная микрофация, скв. Нагумановская 25; в – вакстоун с раковинами остракод, верхний девон, фаменский ярус, микрофация тиховодной зоны мелководного шельфа. Скв. Песчаная 20; г – вакстоун с раковинами тентакулитов, средний девон, эйфельский ярус, микрофация глубоководного шельфа, скв. Песчаная 20; д – пакстоун, переходящий в вакстоун (вверху), средний карбон, московский ярус, карбонатный турбидит, микрофация глубоководного склона шельфа, западный склон Южного Урала, разрез Басу; е – пакстоун разномзернистый с раковинами фораминифер в микрозернистом, слабо перекристаллизованном матриксе, серпуховский ярус, микрофация открытого мелководного шельфа, скв. Восточно-Песчаная 30.

Матрикс в грубообломочных отложениях может быть представлен вакстоуном, пакстоуном или грейнстоуном (**рисунок 2, б, г, д, е**). Образование этих отложений контролируется активностью волновых движений, они формируются на разных уровнях глубины морского дна и между ними могут быть переходы (**рисунок 1, д**). В тоже время, между биогермными породами (баунстоунами) и обломочными породами переходные разности [7] отсутствуют, поскольку различается механизм их образования – биогермы образуются в результате жизнедеятельности организмов, а биокластовые известняки - в результате механической активности волн и течений.

Для биогермных известняков, сложенных колониями организмов-рифообразователей, находящихся в прижизненном положении, принято название: баундстоун (boundstone), а также баффлстоун (биоморфный), фреймстоун (каркасный) и др bindstone (корковый) [4, 5]. Их особенностью является наличие крустификационного цемента. Следует отметить, что организмы в прижизненном положении встречаются редко, чаще наблюдаются их обломки. В случае крустификационного цемента породы относятся к баундстоунам и цементостоунам [5, 8]. Считается, что крустификационный (или инкрустационный) цемент образуется в морских условиях при диагенезе и первоначально имел арагонитовый состав. По-видимому, его образование обусловлено быстрым ростом игольчатых кристаллов арагонита в условиях пересыщения раствора в приповерхностных условиях или в закрытых полостях. Также считается, что образование крустификационного цемента продуцируется организмами – крустификаторами, к которым относятся некоторые водоросли и цианобактерии (например, тубифиты). Именно инкрустационный цемент залечивает первичные полости в биогермных известняках, уменьшая их пористость. Следует отметить, что такой цемент слабо подвержен выщелачиванию. Термин цементостоун применяется к известнякам, в которых кристаллический (часто крустификационный) кальцитовый цемент занимает более 50 % породы [5; 8]. Цементостоуны могут формироваться в условиях активной гидродинамики на бровке шельфа.

Вакстоуны и пакстоуны являются достаточно легко диагностируемыми породами. Они формируются в условиях тиховодных впадин как мелководных, так и более глубоководных обстановках. Распознавание обстановки в этом случае возможно по типу фауны и ассоциированных пород (**рисунок 1**). Наибольшие трудности возникают при выделении пакстоунов, т.к. в случае перекристаллизации микритового цемента они выглядят как грейнстоуны. Пакстоуны, как переходные разновидности между отложениями тиховодных и активных обстановок, формируются как в условиях мелководной шельфовой впадины, так и в глубоководной зоне. Пакстоуны типичны для карбонатных турбидитовых последовательностей, они отлагаются скоростными мутьевыми потоками в тиховодную зону глубокой впадины, при этом иловый компонент не успевает вымываться (**рисунок 1, д**).



**Рисунок 2.** Типы крупнобиокластовых известняков с кристаллическим кальцитовым цементом (грейнстоуны, флаутстоуны, рудстоуны) (а, б, д - фотографии штучков, линейка 1см; в, г, е – микрофотографии шлифов, николи параллельны, длина снимка 2мм):

а, в –грейнстоун оолитовый сортированный с мелкоспаритовым цементом, башкирский ярус, фа-  
ция отмели мелководной зоны шельфа, скв. Акобинская 174; б, г – флаутстоун-рудстоун (брахио-  
подовый ракушняк) с мелкоспаритовым цементом и интракластами. Брахиоподы крупные до 0,7-  
1мм в длину, матрикс – пак-грейнстоун мелко-среднезернистый, сцементирован спаритом, баш-  
кирский ярус, фа-ция мелководной зоны шельфа с активной гидродинамикой, скв. Акобинская 174;  
д, е – мшанковый рудстоун, матрикс - грейнстоун, артинский ярус, микрофа-ция зоны биогермов  
бровки шельфа, скв. Вершиновская 501.

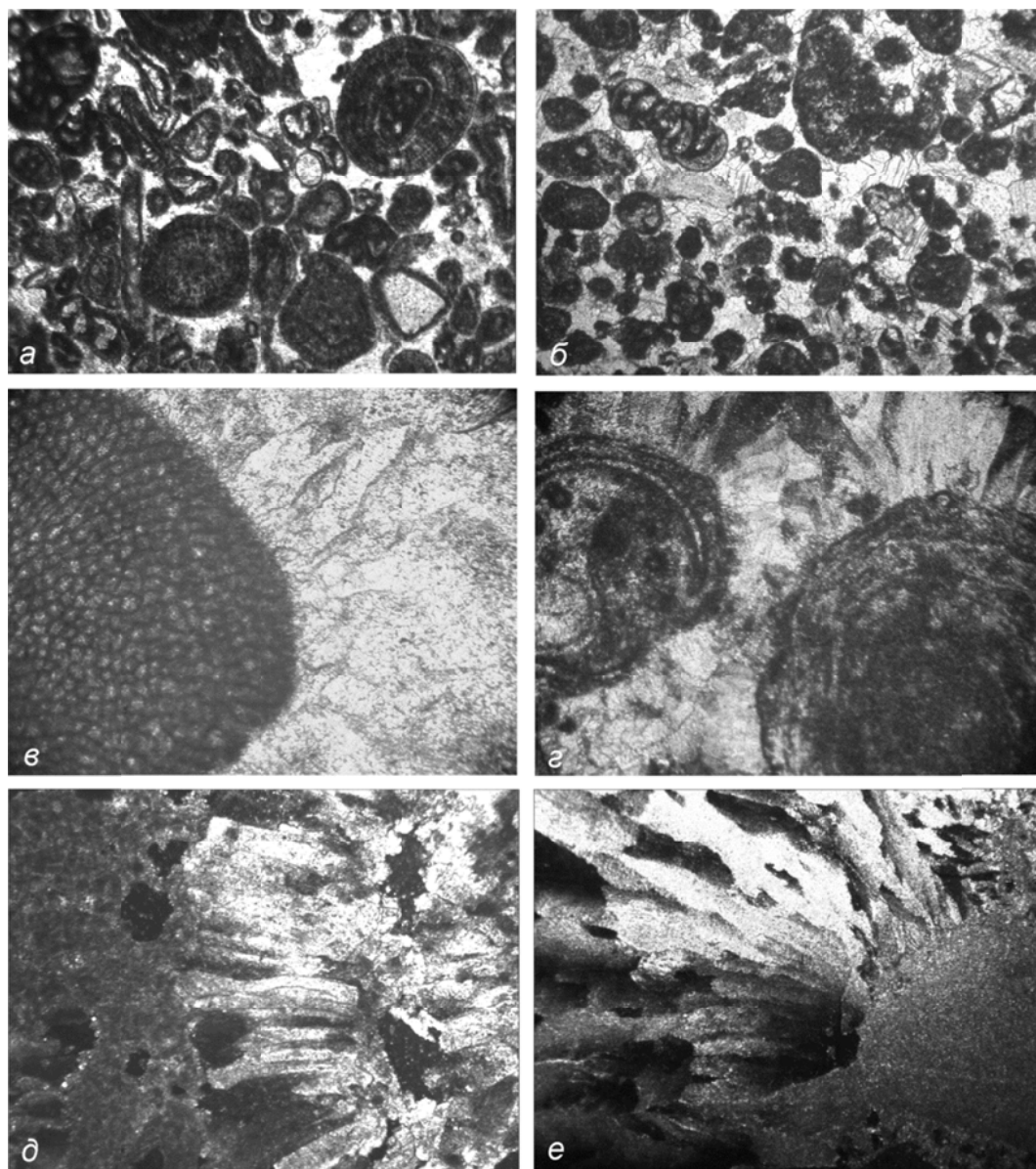
Сложности вызывает также определение типа известняков в случае крустификационного цемента (**рисунок 3, в-е**). Обычно при обнаружении инкрустаций известняк относят к биогермной постройке [9], однако инкрустации микрокодиевого типа относятся к поздним субаэральным (в том числе карстовым) процессам [5], а не к биогермам (**рисунок 3, д**). Крустификационный кальцит может цементировать и обломочные известняки (**рисунок 3, е**), в таком случае отложения относятся к цементостоунам [8].

В качестве примера можно привести тела малой размерности, выделяемые на гжельско-ассельском стратиграфическом уровне в полосе распространения рифов ишимбайского типа. Литологический тип отложений – слоистые вакстоуны с редким детритом крупных фаунистических остатков - одиночных кораллов, криноидей, брахиопод, наутилоидей, трилобитов. Чаще всего они слагаются мшанками в ассоциации с водорослями или палеоаплезинами и сопровождаются намывными карбонатными «песками» (грейнстоунами) различного (чаще всего штормового) генезиса сформированными в условиях небольших и умеренных глубин (30-50 м).

Такие образования можно наблюдать в основании стерлитамакских рифов асселя (карьер Шахтау, г. Стерлитамак), гжельского «рифа» г. Воскресенка и в иных местах. Такие тела могут быть выделены практически по всей полосе распространения нижнепермских рифов - от Южного Приуралья до Северного Урала и далее до острова Шпицбергена и арктической Канады. Состоят такие биогермы из каркаса слоевищ палеоаплезин или водорослей, скрепленных пелитовым карбонатным матриксом (мад-вакстоуном). В биоценозе присутствуют также брахиоподы, образующие скопления типа банки, трилобиты. В одном случае обнаружены слоевище редких водорослей *Calceperatera*, которые ранее в отечественных разрезах позднего палеозоя не встречались, были описаны только в Северной Америке [10].

Формирование таких биогермов связано с улавливанием карбонатного ила в местах скопления палеоаплезин или водорослей, которые по каким-то причинам закрепились на намывных криноидных песках в условиях среднего шельфа (условия жизни *Calceperatera* оцениваются в 30 м). Особенностью таких образований является их небольшой размер, обычно не превышающий первых метров, и ассоциация с перекрывающими криноидными песками, которые могут содержать продукты перемыва постройки (слоевища палеоаплезин, обрывки водорослей). А.И. Антошкина [11] называет такие образования скелетными холмами, подразумевая, что их генезис связан с формированием подводными течениями намывных холмов, состоящих из разрушенных фрагментов тел рифообразователей. Такие холмы можно видеть в широко известном разрезе асселя на р. Кожим, Северный Урал, где ранее эти биогермы относили к рифовым постройкам [11].

Вероятно, наряду с перемытыми скелетными холмами могут существовать и мелкие постройки как уловители карбонатного ила. Они диагностируются по пелоидному материалу карбонатного матрикса, скрепляющего веточки палеоаплезин или водорослей типа *Calceperatera*. Казалось бы, выделение таких биогермных тел, имеющих обычно



**Рисунок 3.** Типы биокластовых известняков с кристаллическим кальцитовым цементом (грейнстоуны, баундстоуны, цементостоуны). Микрофотографии шлифов, николи параллельны, длина снимка 2 мм: а – грейнстоун с ооидами, кортоидами (справа внизу – обломок криноидеи с микритизированной каймой) и раковинами фораминифер, башкирский ярус, фация отмели открытого мелководного шельфа, скв. Акобинская 174; б - грейнстоун пелоидно-интракластовый с раковинами фораминифер, фаменский ярус, микрофация мелководного шельфа с активной гидродинамикой, восточный склон Южного Урала, разрез Дзержинка; в – баундстоун с водорослями сириногопора с крустификационным цементом, фаменский ярус, биогермная микрофация, бровка шельфа, скв. Песчаная 20; г – баундстоун-цементостоун с онколитами (справа) и раковиной гастроподы (слева) в крустификационном цементе, фаменский ярус, биогермная микрофация, бровка шельфа скв. Песчаная 20; д – микрокодиевые инкрустации по микрозернистому мелкобиокластовому известняку (микритизированному интракласто-во-биокластовому пак-грейнстоуну – на фото слева), головки кристаллов кальцита обращены в сторону замещающей породы, зона сакмаро-артинского (?) карста по ассельским известнякам, Колвинский вал; е – цементостоун с инкрустационным кальцитом, цементирующим крупную биокластику (фрагмент криноидеи справа), игольчатые кристаллы кальцита обрастают членик криноидеи (справа), заполняя полости между фауной, серпуховский ярус, восточный склон Южного Урала, карьер Ириклинский.

весьма ограниченный размер, не может оказать значимого влияния на оценку продуктивности разреза при нефтепоисковых работах. Однако, при описании подобных пород они нередко диагностируются как баундстоуны со всеми вытекающими из этого вывода последствиями. Вся последовательность карбонатных пород, сформированных в условиях шельфа или рампа, начинает считаться рифовой. Можно быть почти уверенным, что если подобные биогермы будут описаны в апикальной части тектонических структур, то геофизики при интерпретации сейсмических профилей непременно выделят здесь перспективную рифовую постройку и все усилия будут направлены на ее оконтуривание. Между тем, очевидно, что соотношение объемов тел биогермов, залегающих среди шельфовых карбонатных аренигов (грейнстоунов), будет не в пользу биогермов.

Чаще всего возникает ситуация, в которой объектами поиска должны быть не рифовые постройки, а шельфовые карбонаты гранулярной природы, в которых при определенных условиях формируются благоприятные объемы вторичной пористости.

### **ВЫВОДЫ**

Приведенные примеры показывают, что некорректное понимание терминов в применении к карбонатным отложениям может приводить к неправильному целеполаганию при нефтепоисковых работах. Основным признаком, позволяющим определить тип карбонатной породы в шлифах, является тип матрикса и соотношение его с обломками или зернами. В случае присутствия в породе кристаллического цемента нужно более внимательно определить тип цементации – происходит ли заполнение ранних пустот или замещение матрицы породы. Несмотря на ряд проблемных вопросов, термины Данхема с дополнениями удобны как при описании шлифов карбонатных пород и для микрофациального анализа отложений и восстановления обстановок карбонатного осадконакопления и являются весьма полезными в практике нефтепоисковых работ, при условии их корректного понимания и использования.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Днистрянский В.И., Побережский С.М., Ефимов А.Г. Роль разломно-блоковой тектоники в формировании залежей углеводородов в подсолевых отложениях палеозоя на юге Соль-Илецкого свода // Геология нефти и газа. – 2013. – №2. – С.22-33.
2. Dunham, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of carbonate rocks – Ham W.E.(ed.). – Am. Ass. Petrol. Geol. Mem. 1. –1962. – P. 108-121.
3. Embry A.F., Klovan J.E. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, North west Territories. – Can. Petrol. Geology Bull – N. 19. – 1971. – P.730-781.
4. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. – М.: Недра. – 1980. – 463 с.
5. Flügel, E. Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. – Springer-Verlag. – Berlin Heidelberg. –2010. – 929 p.

6. Folk, R.L. Spectral subdivisions of limestone parts // Classification of carbonate rocks – Ham W.E. (ed.). – Am. Ass. Petrol. Geol. Mem. 1. – 1962. – P. 62-84.
  7. Оленова К.Ю. Микрокодиевые известняки северной части Колвинского мегавала. // Литология и геология горючих ископаемых. – № V (21). – Екатеринбург: – Изд-во УГГУ. – 2011. – С. 68-75.
  8. Kabanov, P. Iriklienskoe section: carbonate platform slope cementstones and serpukhovian paleogeography of eastern South Urals (Russia) // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy. – 2011. – V.29. – N.11. – P.35-42.
  9. Оленова К.Ю., Постников А.В. Проблема типизации известняков в нефтегазовой геологии // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. – Материалы VII Всероссийское литологического совещания Новосибирск. – 2013 г. – Т.2. – С.341-345.
  10. Sawin R.S., West R. R. Paleoecology of the Permian (Wolfcampian) Phylloid Alga Calcipatera from an In Situ Occurrence in Kansas, U.S.A // Current Research in Earth Sciences.– Bulletin 251. – Part 1. – 2005. – P. 1-14. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.kgs.ku.edu/Current/2005/sawin/sawin1.html>
  11. Антошкина А.И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные территории). – Екатеринбург: УрО РАН. – 2003. – 304 с.
- 



**Горожанин Валерий Михайлович.** Кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией ФГБУН Института геологии Уфимского научного центра РАН, Республика Башкортостан, г. Уфа.



**Горожанина Елена Николаевна.** Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Института геологии Уфимского научного центра РАН, Республика Башкортостан, г. Уфа.