



Российская академия наук
Уральское отделение
Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ В ОСАДОЧНЫХ СИСТЕМАХ

Материалы 14 Уральского
литологического совещания

Екатеринбург 2024

УДК 552.5
ББК 26.314.44я431

Ответственный редактор: член-корреспондент РАН А.В. Маслов

Редколлегия: член-корр. РАН А.В. Маслов (председатель),
д.г.-м.н. А.И. Антошкина, д.г.-м.н. Ю.О. Гаврилов, д.г.-м.н. Е.Ф. Летникова,
д.г.-м.н. Г.А. Мизенс, к.г.-м.н. О.Ю. Мельничук,
к.г.-м.н. Л.В. Бадида (ученый секретарь)

Гетерогенность в осадочных системах. Материалы 14 Уральского литологического совещания (научной конференции). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2024. – 257 с.

ISBN 978-5-9078872-2-0

Гетерогенность (от древнегреческого “другой + род”) присуща многим природным объектам и феноменам, от атома до Вселенной. Мир устроен сложнее, чем кажется на первый взгляд, да еще и невооруженным глазом. Изучение гетерогенности природных объектов является неотъемлемой частью работ научного и прикладного характера.

При рассмотрении осадочных систем мы сталкиваемся с гетерогенностью практически повсеместно: в пределах толщи пород, слоевой ассоциации или даже образца. Именно наличие неоднородности позволяет нам типизировать и выделять различные петро- и литотипы, их парагенезы, типы разрезов и формации, искать в разрезе коллектора, покрышки, рудоносные горизонты и нефтематеринские толщи, пытаться выяснить их генезис многочисленными методами, в том числе с использованием стадийного или фациального анализа...

Можно ли добавить что-то еще об актуальности и способах изучения гетерогенности осадочных образований? Однозначно да, и, пожалуй, настоящий сборник насыщен примерами, иллюстрирующими многообразие экзогенных процессов и продуктов.

Все поступившие в Оргкомитет материалы опубликованы в настоящем сборнике преимущественно в авторской редакции.

УДК 552.5
ББК 26.314.44я431

ISBN 978-5-9078872-2-0

© УрО РАН, 2024
© Институт геологии и геохимии
УрО РАН, 2024
© Авторы статей, 2024
© Фото на обложке и шмуцтитуле
Л.В. Бадида, С.А. Дуба

ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ СЕНОМАНА – ТУРОНА ВЕРХНЕГО МЕЛА ЮГО-ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КРЫМА

Шишлов С.Б.¹, Дубкова К.А.^{1,2}, Чеботарева В.А.^{1,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
e-mail: s.shishlov@spbu.ru

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
г. Санкт-Петербург, e-mail: ksenya-dubkova@mail.ru

³Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, г. Санкт-Петербург,
e-mail: chebyschek@gmail.com

Особенностью позднемеловой седиментации является доминировавшее накопление планктонных карбонатов. Это обычно связывают с быстрым подъемом уровня моря и похолоданием, которые привели к плотностной стратификации водной толщи, дефициту кислорода у дна, и гибели бентосной фауны [Кузнецов, 2003]. Весьма привлекательным объектом для реконструкции обстановок осадконакопления этого времени являются разрезы сеномана и турона Юго-Западного и Центрального Крыма. Они формировались на периферии гигантского морского бассейна, следы которого известны на территориях Западной Украины и Восточной Беларуси, в Поволжье, Мангыш-лакском регионе и Дагестане [Алексеев и др., 2005]. Его максимальное углубление маркируют “аксудеринские слои” – глины с повышенными содержаниями органического вещества, которые локализируются в прикровельной части сеномана, и связаны с глобальным бескислородным океаническим событием ОАЕ 2 [Алексеев и др., 2007; Бадулина, 2007; Левитан и др., 2010; Латыпова и др., 2019; Гаврилов и др., 2022].

Предпринятое исследование базируется на материалах, опубликованных ранее и собранных авторами при изучении обнажений оврага Аксу-Дере, гор Белая, Сельбухра, Мендер, Кременная и Кизил-Чигир, рек Бодрак и Биюк-Карасу [Кузьмичева, 2000; Алексеев и др., 2007; Бадулина, 2007; Бадулина, Копаевич, 2007; Латыпова и др., 2019; Шишлов и др., 2020; Шишлов, Дубкова, 2021; Гаврилов и др., 2022]. Для уточнения структурно-вещественных характеристик пород выполнены описания шлифов, определения количества нерастворимого остатка, рентгенофлюоресцентный силикатный анализ и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Слои с близким комплексом генетических признаков объединены в литологические типы, сопоставленные со стандартными микрофациями (СМФ) [Wilson, 1975; Flügel, 2010]. При их генетической интерпретации использованы работы [Irwin, 1965; Reineck, Singh, 1975; Sedimentary..., 1986] и модель карбонатного рампа [Ahr, 1973; Wright, 1986], которая предполагает деление слабо наклонной поверхности дна на три зоны: внутреннюю, расположенную выше базиса нормальных волн; среднюю – между базисами нормальных и штормовых волн; внешнюю – ниже базиса штормовых волн.

В разрезах сеноман-туронского интервала установлено пять литологических типов слоев.

1. Глины и мергели дистальной области застойного глубоководья с бескислородными придонными водами, песчанистые и алевритистые, буровато-черные, содержащие более 0.2% (до 8%) тонкодисперсного органического вещества. В карбонатно-глиняный микрит погружены редкие раковины планктонных фораминифер, полости которых заполняет органическое вещество, мелкий раковинный детрит, зерна кварца (до 30%) алевритовой, реже тонкопесчаной размерности, чешуйки слюды, сульфиды, фосфатные фрагменты рыб, спикулы кремниевых губок и радиолярии. Присутствуют единичные мелкие ихнофоссилии. Многочисленные линзовидные (толщина до 0.05 мм, длина до 0.25 мм) скопления тонкодисперсного органического вещества намечают горизонтальную слойчатость, подчеркнутую плитчатой отдельностью. Эти породы, относящиеся к СМФ 1, вероятно, накапливались ниже базиса волнений в застойных условиях дистальной области внешнего рампа. Здесь окислительно-восстановительный барьер располагался выше поверхности дна, и разложение органики происходило в анаэробных условиях. Ее значительная часть переходила в ископаемое состояние, а кислые иловые воды растворяли карбонаты, что повышало долю глины, алевритовых и тонкопесчаных частиц, биогенных кремниевых и фосфатных фрагментов.

2. Глины и мергели проксимальной области застойного глубоководья с плохо аэрируемыми придонными водами, песчанистые и алевроитистые, серые и темно-серые. В сильно глинистый карбонатный микрит погружены раковины планктонных фораминифер, полости которых часто заполняет органическое вещество, фрагменты иноцерамов и мелкий неопределимый раковинный детрит. Обломки кварца алевроитовой и песчаной размерности (0.005–0.25 мм) составляют от 5 до 10% породы. Присутствуют чешуйки слюды, зерна глауконита, сульфиды, фосфатные фрагменты рыб, радиолярии, редкие ихнофоссилии. Такие породы, относящиеся к СМФ 3, по-видимому, формировались ниже базиса волнений в обстановках проксимальной области внешнего рампа, там, где окислительно-восстановительный барьер приблизительно совпадал с поверхностью дна. Присутствующего здесь кислорода хватало для жизнедеятельности бентосных организмов и почти полного разложения органического вещества. Выделявшиеся при этом углекислый газ, сероводород и органические кислоты приводили к снижению pH иловых вод и растворению кальцита. В результате в породах фиксируются низкое содержание органического вещества, повышенная доля алевроитовых и тонкопесчаных терригенных зерен, кремниевых и фосфатных органиогенных фрагментов.

3. Известняки (вакстоуны – пакстоуны) переходной зоны между базисами нормальных и штормовых волн с изменчивой гидродинамикой и удовлетворительной аэрацией придонных вод. Слои этого типа образует линзовидно-полосчатое, часто биотурбированное чередование детрито-кальцисферово-фораминиферовых вакстоунов глинистых серых и пакстоунов светло-серых. Присутствуют раковины планктонных и бентосных фораминифер, полости которых иногда заполнены опалом или органическим веществом, кальцисферы, фрагменты иноцерамов, иглы морских ежей, мелкий неопределимый раковинный детрит, зерна кварца (1–15%) преимущественно алевроитовой (0.005–0.05 мм), реже тонкопесчаной размерности (до 0.1 мм), чешуйки слюды, глауконит, сульфиды, растительный детрит. Эти известняки СМФ 8–10, видимо, накапливались в переходной зоне среднего рампа между базисами штормовых и нормальных волнений. В условиях низкой гидродинамики оседал тонкий материал, продуцируемый планктоном и содержащийся во взвешях. Штормовые волны формировали прослой пакстоунов. При этом в придонные воды и верхний слой осадков поступал кислород. Его хватало для активной жизнедеятельности бентоса и полного разложения органического вещества. Углекислый газ и органические кислоты при перемешивании удалялись, что приводило к сохранению относительно высоких значений pH, не благоприятных для растворения карбонатов. Структурно-вещественные особенности таких осадков ближе всего к составу материала, поступавшего на дно из толщи воды. Это преимущественно микритовый планктоногенный кальцит, мелкие обломки бентоса и небольшое количество терригенных частиц.

4. Известняки (пакстоуны) динамичного мелководья с хорошей аэрацией придонных вод, детрито-кальцисферово-фораминиферовые светло-серые. Форменные элементы размером от 0.05 до 0.5 мм представлены раковинами планктонных и бентосных фораминифер, полости которых заполняют спаритовый кальцит с кристаллами доломита, глауконит, халцедон и органическое вещество, кальцисферами, фрагментами (иногда до 3 мм) иноцерамов, панцирей и игл морских ежей, алевроитовыми и песчаными (до 0.1 мм) зернами кварца, чешуйками слюды, глауконитом (1–2%). Общее содержание терригенных обломков может достигать 40%. Цемент микритовый глинисто-карбонатный поровый, участками базальный. Слабо выраженная ориентировка детрита и его скопления намечают волнистую и линзовидную слойчатость. Характерны разнонаправленные ходы илоедов и текстуры биотурбации. Такие слои можно отнести к СМФ 11. Их псаммитовая структура, волнистая и линзовидная слойчатость свидетельствуют о накоплении выше базиса нормальных волнений в динамичных условиях внутреннего рампа. Здесь пелитовая фракция удалялась, что увеличивало долю алевроитовых и псаммитовых частиц: карбонатных биогенных и кварцевых. Благодаря постоянному перемешиванию у дна и в верхнем слое осадка присутствовал кислород, который обеспечивал жизнедеятельность бентоса и разложение органики. Выделявшиеся при этом продукты удалялись, что сохраняло щелочные значения pH.

5. Песчаники прибрежного мелководья с высокой гидродинамикой, от среднезернистых у основания до мелкозернистых у кровли, аркозовые глауконитистые (от 5% внизу до 15% вверху), зеленовато-серые, с косой разнонаправленной слойчатостью. Их образуют хорошо и средне окатанные песчинки полевых шпатов (доминируют), кварца, кремней, основных эффузивов.

Присутствуют мусковит, глауконит, фрагменты раковин иноцерамов, ростры белемнитов, членики криноидей, бентосные фораминиферы и зубы акул, мелкий углефицированный детрит растений. Снизу вверх увеличивается содержание глинистой примеси и микритового карбоната. Цемент поровый и пленочный халцедоново-опаловый. Эти осадки можно считать вариацией СМФ 14. Они образуют трансгрессивный лаг, сформировавшийся при затоплении суши в начале сеноманского века. Их псаммитовая структура и косая разнонаправленная слойчатость указывают на высокую волновую гидродинамику прибрежного мелководья внутренней рампы. О нормальной солености свидетельствуют остатки морской фауны. Уменьшение размера частиц и увеличение доли алевропелитовой примеси, вероятно, является следствием увеличения глубины.

Полученные результаты позволяют присоединиться к представлениям о том, что разрезы сеномана и турона Крыма формировались в относительно мелководном морском бассейне с гумидным климатом [Алексеев, Найдин, 1970]. Его дно располагалось преимущественно выше базиса волнений на глубинах менее 100 м. Образование мергелей и глин, среди которых присутствуют разности, обогащенные органическим веществом, происходило в обстановках дальнего шельфа ниже базиса штормовых волн. Высокое содержание терригенной примеси в этих осадках, вероятно, связано с растворением карбонатных частиц продуктами разложения органического вещества, что согласуется с положениями модели “циклов растворения” [Габдуллин, 2002; Левитан и др., 2010].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00197, <https://rscf.ru/project/24-27-00197/>

Литература

- Алексеев А.С. и др. Пограничные сеноман-туронские отложения Юго-Западного Крыма. Статья 1. Стратиграфия // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82. Вып. 3. С. 3–29.
- Алексеев А.С., Копачевич Л.Ф., Барабошкин Е.Ю. и др. Палеогеография юга Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления в позднем мелу. Статья 2. Палеогеографическая обстановка // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2005. Т. 80. Вып. 4. С. 30–44.
- Алексеев А.С., Найдин Д.П. Упорядоченное залегание ростров белемнитов в сеноманских отложениях юго-западной части Горного Крыма // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1970. № 9. С. 47–51.
- Бадулина Н.В., Копачевич Л.Ф. Строение пограничных сеноман-туронских отложений разреза Аксу-Дере (Юго-Западный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2007. № 1. С. 22–28.
- Габдуллин Р.Р. Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, Северо-Западного Кавказа и Юго-Западного Крыма (строение, классификация, модели формирования). М.: МГУ, 2002. 304 с.
- Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Щепетова Е.В. и др. Позднесеноманское палеоэкологическое событие ОАЕ 2 в разрезах северного Пери-Тетиса (Крым, Восточный Кавказ): структура отложений, динамика формирования // Литология и полез. ископаемые. 2022. № 6. С. 408–418.
- Кузнецов В.Г. Эволюция карбонатакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с.
- Кузьмичева Т.А. Пограничные отложения сеномана и турона в разрезе горы Белой (Юго-Западный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2000. № 1. С. 70–73.
- Латыпова М.Р., Копачевич Л.Ф., Калмыков А.Г. и др. Новые данные об океаническом бескислородном событии (ОАЕ2) на границе сеномана и турона в разрезе р. Биюк-Карасу (Центральный Крым) // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геол. 2019. № 3. С. 21–27.
- Левитан М.А., Алексеев А.С., Бадулина Н.В. и др. Геохимия пограничных сеноман-туронских отложений Горного Крыма и Северо-Западного Кавказа // Геохимия. 2010. № 6. С. 570–591.
- Шишлов С.Б., Дубкова К.А. Структурно-вещественные особенности, строение и генезис пограничного сеноман-туронского интервала разреза между речью Кача – Бодрак (Юго-Западный Крым) // Геология Крыма: Учен. зап. каф. осад. геол. 2021. Вып. 3. С. 97–110.
- Шишлов С.Б., Дубкова К.А., Аркадьев В.В. и др. Мел и палеоген бассейна реки Бодрак (Юго-Западный Крым). СПб.: Лема, 2020. 271 с.
- Ahr W. The carbonate ramp: An alternative to the shelf // Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. 1973. V. 23. P. 221–225.
- Irwin M.L. General theory of epeiric clear water sedimentation // Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 1965. V. 49. P. 445–459.
- Flügel E. Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation, and Application. Berlin: Springer, 2010. P. 894.
- Reineck H.E., Singh I.B. Depositional Sedimentary Environments: With Reference to Terrigenous Clastics. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1975.
- Sedimentary Environments and Facies. Second Edition / Ed. H.G. Reading. Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo, Alto, Melbourne: Blackwell Scientific Publications, 1986.
- Wilson J.L. Carbonate Facies in Geologic History. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1975.
- Wright V.P. Facies sequences on a carbonate ramp: The carboniferous limestone of South Wales // Sedimentology. 1986. V. 33. P. 221–241.