

УДК 551.14:553.21

В.А. Баранов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАДИЙ КАТАГЕНЕЗА И ФОРМИРОВАНИЕ ПЕСЧАНИКОВ В ДИАГЕНЕЗЕ НА ПРИМЕРЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА КАМЕННАЯ МОГИЛА

V.A. Baranov

DETERMINATION OF STAGES OF KATAGENESIS AND FORMATION OF SANDSTONES IN DIAGENESIS ON EXAMPLE OF THE GEOLOGICAL MONUMENT KAMYANA MOHYLA

Викладено два способи визначення стадій катагенезу — спосіб визначення ступеня катагенезу порід і спосіб визначення палеотемператур формування гірських порід. Ці способи можна застосовувати для осадових відкладів, які не включають органіку. Описаний процес формування пісковика на стадії діагенезу на прикладі геологічного пам'ятника Кам'яна Могила.

Ключові слова: осадові породи, пісковики, катагенез, діагенез, палеотемператури, палеодюна.

Изложены два способа определения стадий катагенеза — способ определения степени катагенеза пород и способ определения палеотемператур формирования горных пород. Эти способы можно применять для осадочных отложений, не включающих органику. Описан процесс формирования песчаника на стадии диагенеза на примере геологического памятника Каменная Могила.

Ключевые слова: осадочные породы, песчаники, катагенез, диагенез, палеотемператури, палеодюна.

Two methods of determination of stages of katagenesis are expounded: method of determination of degree of katagenesis of breeds and method of determination of paleotemperature of formation of mountain breeds. These methods can be applied for the sedimentary deposits not including organic matter. The process of formation of sandstone on the stage of diagenesis on the example of the geological monument Kamyana Mohyla is described.

Keywords: sedimentary rocks, sandstones, diagenesis, katagenesis, paleotemperature, paleodune.

ВВЕДЕНИЕ

В справочнике по литологии [15] указывается на отсутствие количественных критериев определения стадий катагенеза, границ катагенеза с диагенезом и метаморфизмом. Существующая шкала катагенеза базируется на степени углефикации органического вещества, точнее, на отражательной способности витринита. Данная шкала в большей степени отображает палеотемпературные процессы, происходящие в породах, и в меньшей степени — влияние литостатического давления. Несмотря на существующие недостатки, она применяется повсеместно по той причине, что другие методы широко не известны.

Кроме того, есть еще метод гомогенизации как альтернатива углемарочной шкале, но точность этого метода и его достоверность также критикуются исследователями. Указанный метод основывается на определении палеотемператур формирования газожидких включений, образующихся в катагенезе, в аутигенных минералах исследуемых пород. В работе [8] описаны результаты таких исследований, по-

лученные не только методом гомогенизации, но и криометрии. Сами авторы подчеркивают, что температуры, устанавливаемые по данным гомогенизации, нельзя отождествлять с истинными температурными интервалами формирования пород, хотя они могут быть довольно близкими.

Таким образом, на настоящее время есть два упомянутых метода, которые можно с определенными оговорками использовать для стадийного анализа осадочных отложений. Надежность и достоверность этих методов периодически критикуются разными авторами, как и возможность их широкого применения. Не во всех отложениях есть углистые включения; да и аутигенных минералов цемента, трещин и пустот выполнения в породах, включения в керне скважин не всегда можно найти. В силу этих причин, предлагаются два метода для определения стадий катагенеза, разработанные в 80-х годах XX в.

Следует пояснить, что эти методы разрабатывались для решения конкретных задач уголь-

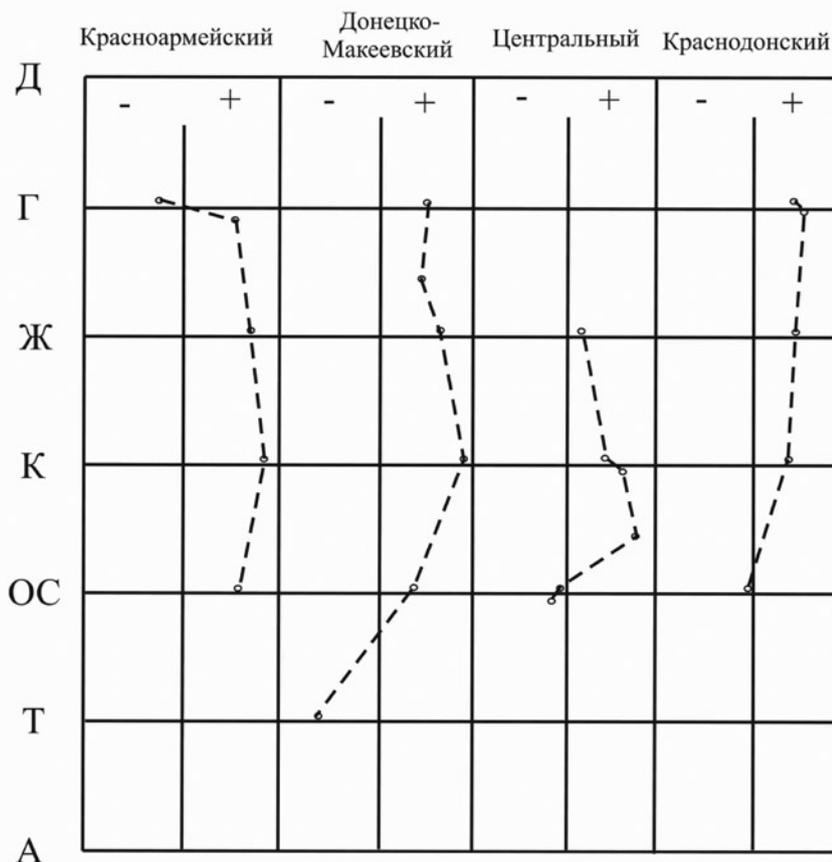


Рис. 1 Схематические графики выделения среднего катагенеза в 4-х районах Донбасса

ной геологии. С середины 50-х годов XX в. в угольных шахтах Донбасса начали происходить выбросы песчаников, в которых закладывалось основное количество подготовительных выработок. Песчаники, наиболее прочные горные породы осадочных отложений и выработки в них отличаются наибольшей устойчивостью к горному давлению. Характерной особенностью газодинамических явлений в песчаниках является их приуроченность к определенному стратиграфическому интервалу осадочных отложений. Выше и ниже этого интервала выбросы пород не происходят. Выделение этого интервала, научное обоснование его формирования, а также выделение верхней и нижней границ выбросоопасности — это научная задача, для решения которой был разработан первый метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Сущность первого метода заключается в том, что значения физико-механических, петрографических и других показателей изменяются по-разному. Одни показатели увеличиваются с палеоглубиной, другие уменьшаются по абсолютным значениям. Парная корреляци-

онная связь между значениями показателей, один из которых увеличивается, а другой уменьшается, имеет степенной характер. Подобная же связь между двумя увеличивающимися или уменьшающимися показателями является линейной, что отмечено в работе [14]. Для решения данной проблемы использовались пробы среднекарбонных песчаников семи геолого-промышленных районов Донбасса. Было установлено, что наиболее информативные данные получаются при сопоставлении значений коэффициента нарушенности (K_n , %) и открытой пористости. Значения корреляции изменяются с палеоглубиной от отрицательных к положительным и от положительных опять к отрицательным. Достаточно точно фиксируются зоны инверсии — переход значений от положительных к отрицательным и наоборот (рис. 1). Указанные зоны инверсии являются границами раннего и среднего, а также среднего и позднего катагенеза. Характерно, что средняя стадия катагенеза совпала со стратиграфическим интервалом, в котором происходят выбросы песчаников в шахтах Донбасса. Есть все основания считать, что средняя стадия катагенеза совпадает с главной фазой нефте-

образования или нефтяным окном по [2]. На разработку данного способа получен патент Украины [11].

На рис. 1 представлено четыре промышленных района Донбасса, в которых получено наибольшее количество точек в стратиграфическом интервале. Пробы для этой цели отбирали из керна геологоразведочных скважин. Шахтные пробы мало информативны, поскольку отбираются на одном-двух, реже более горизонтах. Оптимальный вариант — это когда скважина перебурирует породы всех стадий катагенеза и равномерно отбираются пробы из разных интервалов, но такие условия в настоящее время крайне редки.

Физический смысл трансформации значенной корреляции от отрицательных к положительным, затем опять к отрицательным заключается, по всей вероятности, в том, что на стадии раннего катагенеза один из показателей (K_n , %) еще «не работает», недостаточное литостатическое давление, а на стадии позднего катагенеза «не работает» другой показатель — пористость, поскольку основной процесс сжатия пород уже произошел. Метастабильная стадия среднего катагенеза характеризуется именно тем, что наиболее прочные песчаные породы выведены из первоначального состояния возможного уплотнения, но еще не перешли в свое новое устойчивое состояние. К новому состоянию порода в обязательном порядке приходит через изменение структуры прежде всего породообразующих зерен. Эти изменения — мозаичность, блокирование, грануляция обломочных зерен кварца, являются фактически определенными этапами бластеза, конечным этапом которого есть формирование новой породы — кварцита. Эти преобразования детально описаны в предыдущих работах В.А. Баранова [7, 3 и др].

Поскольку Донбасс отличается от других осадочных бассейнов наличием тектонических процессов, существенно повлиявших на физико-механические и коллекторские свойства пород, данный метод необходимо проверить в других бассейнах, по возможности на глубоких скважинах. Но уже сейчас можно констатировать наличие трех стадий катагенеза: ранней, средней и поздней, причем именно со средней стадией (ориентировочно в районе развития углей марок Г, Ж, К, ОС) связаны основные месторождения нефти и газа, а также выбросы песчаников в горных выработках угольных шахт. На способ определения границ выбросоопасности

пород получен патент Украины [12]. Стадия раннего катагенеза находится примерно в районе развития углей Д, Г, стадия позднего катагенеза — углей марок ОС, Т, А. Угольные марки приведены для примерного ориентирования степени преобразования осадочных пород, поскольку к ним «привыкли». Необходимо помнить, что подобное сопоставление применимо только для региональных процессов литогенеза; для контактово-термальных даже такое ориентировочное сопоставление невозможно.

Второй метод основан на термометрии бемовских полос, формирующихся в кварце песчаников в катагенезе. Полосы являются зонами пластических микродеформаций, куда в период раскрытия проникает флюид. После залечивания этих деформаций они представляют собой цепочки газовых и газожидких вторичных включений (рис. 2, а, б), трансформирующихся в среднем и позднем катагенезе в квазикристаллы или отрицательные (негативные) кристаллы (рис. 2, в).

Обломочные зерна терригенных образований являются продуктом дезинтеграции как магматических, так и метаморфических пород; поэтому температура гомогенизации первичных включений этих зерен будет больше 300° С. Для исследований из отобранных карбоновых песчаников Донбасса были изготовлены плоско-параллельные пластинки без покровных стекол толщиной примерно равной среднему диаметру зерен песчаника, и площадью, соизмеримой с площадью стандартного шлифа.

В полученном препарате под оптическим микроскопом просматривались кварцевые зерна при различных увеличениях. Информативные участки выделялись и помещались в термокамеру к термопаре. Температура термопары повышалась постепенно с помощью латера; одновременно проводилось наблюдение за состоянием включений через оптический микроскоп, объектив которого был введен в термокамеру.

В процессе исследований было установлено, что четкой гомогенизации подвергаются лишь отдельные включения, не связанные с полосками Бема. Эти включения обычно имеют слабо выраженные формы отрицательного кристалла и относятся к первичным, сформировавшимся в магматических (или метаморфических) породах (рис. 2, г).

Вторичные включения в полосках Бема исследовать достаточно сложно, как и темпера-

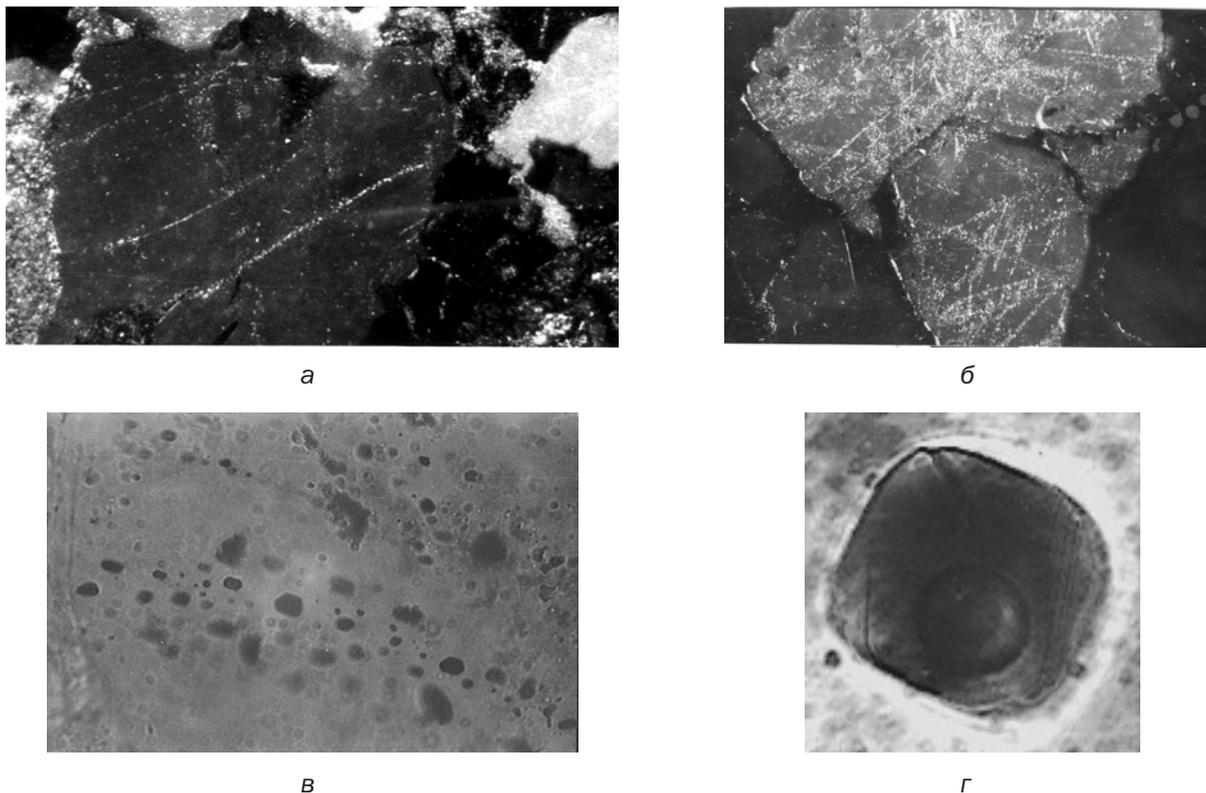


Рис. 2 Полоски Бема и включения в зернах кварца
 а — ранний катагенез; б — средний катагенез; в — трансформация включений в квазикристаллы (отрицательные или негативные кристаллы); г — первичное газожидкое включение в зерне кварца

туру их гомогенизации, по следующим причинам: незначительное содержание газожидких включений по сравнению с газовыми и жидкими; незначительные размеры включений; возможность раскрытия залеченных каналов; отсутствие одной стабильной температуры гомогенизации для сообщества включений одной полоски Бема (меньшие нагреваются быстрее, и процесс гомогенизации происходит раньше, чем в крупных включениях).

Учитывая такую разнородность, был разработан показатель структурирования включений, который достаточно точно отражает значение палеотемпературы вторичных включений. Указанный показатель был определен для ряда песчаников в различных районах, залегающих вблизи угольных пластов известных марок. Исследования проб песчаников, отобранных вблизи углей разных марок, показали, что угли марки Г образовались при 100° С; марки Ж — 120° С; марки К — 140° С; марки ОС — 160° С; марки Т — 180° С. Ошибка измерений находится в пределах ±10° С. Среди полученных результатов один выбивался из установленной шкалы, он был получен из пробы шахты «Красноармейская-Западная-1». Пробы на этой шахте отбирали в процессе ее строительства; в то

время уголь там относился к марке Г. Палеотемпература формирования песчаников, вмещающих уголь d_4 , на этой шахте составляла 120° С, а не 100° С, как на других шахтах с такой маркой. После принятия шахты в эксплуатацию и выполнения технического анализа промышленных проб было определено, что уголь на шахте относится к марке Ж, переходя с глубиной в марку К.

Таким образом, было установлено, что разработанный палеотермометр обладает достаточно высокой точностью, а шкала палеотемператур углей имеет своеобразную температурную ступень в 20° С. Понятно, что все угли характеризуются своими отличительными признаками как по вещественному составу, так и по свойствам. До настоящего времени ошибка определения палеотемпературной ступени находилась в пределах 10° С, но массовых замеров палеотемператур не проводилось. Поэтому для повышения степени надежности и достоверности разработанного способа необходимы дальнейшие исследования палеотемператур в различных угольных бассейнах.

Проблемы стадийного анализа осадочных пород изучались многими исследователями, но и сейчас они далеки от окончательного ре-

шения. Одна из таких проблем заключается в четком выделении стадии диагенеза. Согласно общему представлению литологов, стадия диагенеза начинается тогда, когда осадочный слой покрывается слоем другой фациальной разности, а заканчивается, когда порода литифицируется. Причины региональной литификации хорошо описаны и известны. Это повышение давления, температуры и физико-химические процессы, происходящие в породе. Однако есть еще условия формирования локальной литификации на сравнительно малой глубине (первые метры), которые и будут описаны ниже.

В справочнике-путеводителе [4], приведено всего несколько строк об обнажении неогеновых песчаников в районе с. Терпенье Мелитопольского района, расположенном на правом берегу р. Молочная в виде скал высотой до 5 м с наскальными рисунками на них. Это геологическое образование распоряжением Совета Министров УССР от 7 июля 1954 г. объявлено заповедной зоной АН УССР и признано памятником природы республиканского значения, имеющего археологическое и геологическое значение.

С тех пор было издано немало книг и статей на указанную тему, но они публиковались историками, археологами, а геологические исследования не проводились. Поэтому причины формирования этого интересного памятника, не только с археологической точки зрения, но и с геологической — не описаны. По мнению Б.Д. Михайлова [9], это останец песчаника сарматского яруса третичной эпохи, миллионы лет назад здесь была песчаниковая мель. Позднее в данном районе возникло Понтийское море, а когда оно ушло, воцарилась пустыня. Появились красно-бурые глины, содержащие железо и марганец. Позже здесь образовалась впадина р. Молочная, воды которой проникали в глубь земли, а оксиды железа и марганца выходили на поверхность песка сарматского горизонта. Так постепенно возник на этом месте песчаниковый покров.

В период таяния ледника на севере (граница его достигала района современного Днепропетровска) «большая вода», стекая к югу, образовала долины рек и обнажила этот огромный каменный остров. Впоследствии под действием воды и ветра первичный щит песчаника раскололся, а его обломки сползли по песку. Так возник своеобразный каменный холм с гротами и пещерами. В отличие от путеводителя [4], в

приведенной книге [9] высота холма оценивается в 12 м, а площадь его составляет 3 га, на которых насчитывается около 3 тысяч плит, с наскальными надписями на некоторых.

В.М. Даниленко [6] данное геологическое образование характеризует как песчаную отмель третичного (Сарматского) моря, позже превратившуюся в сцементированную железистыми растворами скалу песчаного камня. Высота холма, по мнению этого автора, достигает 15 м, а площадь около 6 га (300 м длина и 200 м ширина). Отмечено также, что поверхность холма представлена плитами песчаника, лежащими на песочном скате.

В других источниках [10, 13 и др.] более детальных геологических данных не приведено. Поэтому полученные нами результаты, которые представляют интерес в плане геологических условий формирования данного образования, было решено опубликовать.

История изучения Каменной Могилы для меня началась со следующего случая. В 2007 г. на консультацию пришел аспирант (ныне кандидат геологических наук) со шлифами проб, отбитых у некоторых каменных идолов или каменных баб, которыми богаты Приднепровские степи. Необычным оказался один шлиф, изготовленный из песчаника, структура которого не встречалась раньше. Поскольку указанные идолы изготавливались из местного материала, значит где-то этот материал — кварцевый песчаник необычной структуры — находится в виде обнажения или, что менее вероятно, привнесен ледниковой мореной. В то время ответ на эту геологическую загадку не был получен. Анализ литературы позволил установить, что песчаник подобной структуры описан английским геологом Дж. Гринсмитом [5], в пермских отложениях северо-западной Англии. Он относится к кварцевым аренитам, с содержанием кварца более 95% и имеет хорошую сортировку и окатанность, что характерно для золотых образований. Естественно, скифы или половцы (по последним данным каменные идолы являются наследием половецкой культуры) не привозили каменный материал из Англии; значит, подобный песчаник должен находиться где-нибудь неподалеку.

В 2008 г. мне удалось побывать с экскурсией на геологическом памятнике Каменная Могила, причем, не скрою, с некоторой надеждой на решение этой загадки. Проведенный осмотр местности, отбор образцов и изготовление



Рис. 3. Существующий (левый) рукав реки Молочной, огибающий Каменную Могилу с северо-востока

шлифов из них позволяет осветить историю формирования как самого геологического памятника, так и место исходного материала для изготовления некоторых идолов.

Характер рельефа при решении данной геологической задачи достаточно важен, поскольку Причерноморье и Приазовье представляют собой ровную местность, бывшую дном мелкого Сарматского моря. Севернее г. Мелитополь рельеф становится холмистым; один из таких холмов, лишенный четвертичного покрова, и является Каменной Могилей. Указанный район, вероятно, являлся береговой зоной Сарматского моря, а холмы, сохранившиеся с третичного времени — палеодюнами, покрытыми четвертичными и, возможно, третичными рыхлыми отложениями. Следует отметить, что размыв исследуемого холма ледниковыми, а возможно, и паводковыми водами, археологами ин-

терпретирован правильно, ибо он находится в пойме р. Молочная, причем какое-то время был островом. Сейчас остался только левый рукав (рис. 3).

Правый рукав пересох, но, несмотря на это, камышовая поросль хорошо дешифрирует его (рис. 4). Если ледниковые и (или) паводковые воды смыли покров четвертичных отложений у подножия холма, окружив его как остров, то нет необходимости представлять р. Молочная до такой степени полноводной, чтобы Каменная Могила была ее порогом. Достаточно и дождей, чтобы смыть покров с верхушки холма, как бы свисающий сверху, а проливные дожди в данном регионе не редкость. То, что указанные холмы в районе исследования представляют собой палеодюны, считаю бесспорным, поскольку проведенный петрографический анализ шлифов, изготовленных из проб песчаника Каменной Могилы и соседней палеодюны, расположенной примерно в 300 м на юго-запад (за музеем, рис. 4), позволяет сделать лишь такое заключение.

Структура песчаников представлена хорошо сортированными кварцевыми зернами, размерами от 0,1–0,2 до 1,0–1,2 мм, в среднем 0,3–0,4 мм. Иными словами, это средне-, крупнозернистый песчаник, с хорошо окатанными и хорошо сортированными зернами, что характерно именно для золотых образований (рис. 5). Органических и глинистых образований фактически нет.

Дж. Гринсмит [5] пишет, что высокое содержание обломочного кварца в осадках почти всегда указывает на их переотложение из ин-



Рис. 4. Вид с Каменной Могилы на северо-запад. Виден музей у подножия палеодюны под четвертичным покровом и камышовая поросль между палеодюнами, дешифрирующая правое русло реки Молочной.

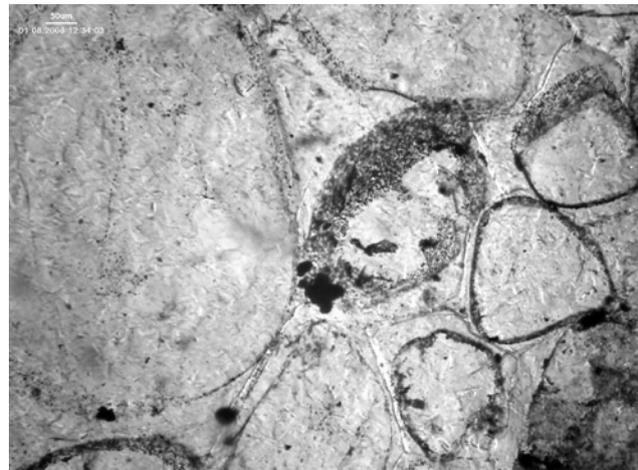


Рис. 5. Шлиф песчаника геологического памятника Каменная Могила, с окатанными кварцевыми зернами, сцементированными кварцевым цементом. Отраженный свет. Ув. 100 крат



Рис. 6. Выход песчаника палеодюны, вскрытый при строительстве музея. Структура песчаника аналогична таковой в отложениях Каменной Могилы



Рис. 7. Структура песчаника из соседней с Каменной Могилы палеодюны, аналогично окатанные, сортированные и сцементированные зерна кварца. Проходящий свет. Ув. 100 крат

тенсивно выветрелых кварцсодержащих толщ, а также на некоторую потерю и истирание менее устойчивых минералов при транспортировке и осадении.

Такие осадки накапливаются в больших количествах в литорали на пляжах и в виде дюн. Для таких песчаников обычен вторичный кварцевый цемент, по мнению этого автора.

Кроме проб песчаника из Каменной Могилы, были отобраны пробы из соседней дюны. Строительство музея у ее подножия вскрыло песчаник красно-бурого цвета, с хорошо выраженной отдельностью, горизонтального залегания (рис. 6, 7) и со структурой аналогичной той, которая приведена на рис. 5.

Поскольку песчаник соседней дюны вскрыт недавно, гидроксиды железа не успели вымыться; по этой причине бурый цвет его отличается от цвета песчаника собственно Каменной Могилы, характеризующегося желтовато-серыми оттенками (рис. 8). В структурном отношении песчаники представлены кварцем в форме обломочных, окатанных зерен, сцементированных вторичным кварцем.

Хорошо идентифицируемые регенерационные каемки кварцевых зерен в шлифе на рис. 5 (имеющие с обломочным зерном одинаковый угол погасания) позволяют заключить, что процесс окварцевания реализовывался как минимум в два этапа. На рис. 7 хорошо видны регенерационные каемки, а на рис. 5 — каемки и вторичный кварц, составляющий до 10–12% в исследуемых песчаниках.

Дж. Гринсмит [5], указывает, что количество цемента, необходимого для литификации какого-либо песка, обычно небольшое (5–10%),

и образование таких количеств цемента во многих случаях может быть связано с внедрением растворов, отжатых из прилегающих пород при их уплотнении. Некоторые исследователи считают, что цементация песков может происходить только выше зеркала грунтовых вод, полагая, что активная циркуляция воды — необходимое условие для протекания этого процесса.

Приповерхностная цементация известна в сухих районах или районах с длительными засушливыми сезонами. Там, где зеркало вод находится близко от поверхности, вода под действием капиллярных сил поднимается кверху и легко испаряется; и если с раствором принесется какое-либо вещество (например кремнезем), то приповерхностные слои (твердые корки) цементируются. Так, в Южной Африке подобная приповерхностная цементация при-



Рис. 8. Образцы песчаников с палеодюн: левый — с Каменной Могилы, правый — с соседней палеодюны, возле музея. Гидроокислов железа в правом образце больше, они не вымыты, так как палеодюна перекрыта четвертичными отложениями. Структура в образцах идентична

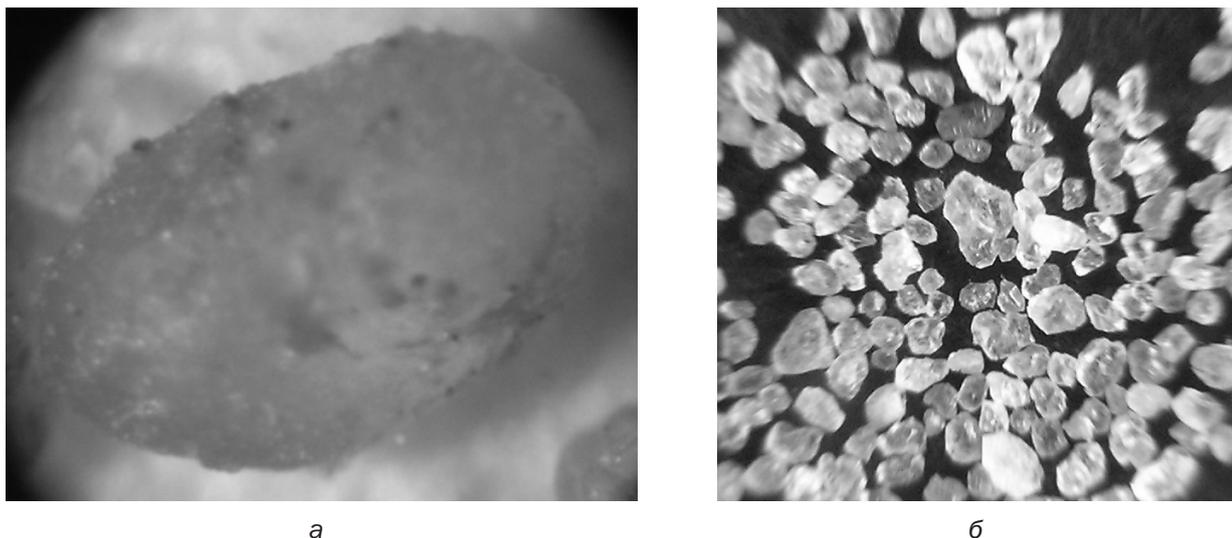


Рис. 9. Кварцевое зерно ближней палеодюны с характерной для эоловых отложений «матовой» поверхностью и «рубашкой» гидроокислов железа (а); кварцевые зерна из песчаника собственно Каменной Могилы, гидроокислов железа меньше (б)

водит к образованию прочных поверхностных кварцитов — так называемых салькретов.

Поскольку органический кварц растворяется существенно активнее неорганического, а на образование цементной корки дюны под названием Каменная Могила пошло примерно 150–200 т кремнезема, можно предположить, что стратиграфически ниже изучаемого образования могут быть слои органического кремнезема, представленные фораминиферами, радиоляриями, диатомеями, кремневыми губками и др. Кварц растворяется лучше в щелочных водах; вероятно, и Сарматское море было сравнительно пресным, т. е. не более соленым, чем нынешнее Азовское море.

На рис. 9, а видна характерная для эоловых отложений поверхность зерна: матовая, шероховатая или шагреневая. Такая поверхность на рис. 5 представляет собой эрозионную каемку вокруг зерен. Кроме этого, гидроксидов железа существенно меньше в песчаниках Каменной могилы (рис. 9, б), которые из-за отсутствия покровных отложений подвержены в большей мере атмосферным воздействиям, что сказалось на уменьшении гидроксидов железа (их вымыло).

ВЫВОДЫ

Таким образом, в нижнем ярусе верхнего миоцена кайнозойской эры или примерно 12 млн лет назад южнее Украинского щита располагалось море, береговая линия которого на севере проходила, вероятнее всего, в районе нынешнего Мелитополя. На этом

берегу вследствие ветровой эрозии аридного климата сформировались песчаные дюны, сложенные кварцевыми, хорошо окатанными и отсортированными зернами песчаной фракции. Благодаря неглубокому залеганию грунтовых вод, наличию в них кремнезема и действию капиллярного процесса в верхние слои дюны поступал указанный кремнезем, остававшийся там после испарения воды и цементирующий верхнюю часть дюны. Покровные отложения одной из дюн были размыты, обнажились диагенетические песчаники, сцементированные вторичным кварцем. Последующие процессы эрозии и синерезиса разделили верхний, сцементированный слой на блоки отдельности со средними размерами 1–3 м, вымыли значительную часть гидроксидов железа и сформировали своеобразную гряду, состоящую из нагромождения этих блоков. После окончания ледникового периода различные племена использовали данный природный объект для ритуальных целей. Кварцевый материал поступал с севера, с Украинского щита, отсюда же, вероятнее всего, приносилась и бурая пыль оксидов железа — до выходов на поверхность железистых кварцитов всего несколько десятков километров. Поскольку климат имеет региональный характер, можно предположить наличие подобных отложений и в других районах Украины, России и других стран. Коллеги-геологи подтверждают (устные сообщения), что видели на берегах рек подобные песчаники на территории Днепропетровской области и прилегающих областей. В связи с тем, что у

песчаников установлен континентальный генезис, отнесение их к сарматскому возрасту проблематично и требует дополнительных стратиграфических исследований. Возможно, рассматриваемые песчаники более молодые, а покрывающие соседние дюны бурые «немые» глины не древнее плиоцена.

1. А.с. 1752982 СССР. Способ определения выбросоопасности горных пород / В.Е. Забигайло, В.В. Лукинов, В.А. Баранов. Опубл. 07.08.92, Бюл. №29. — 1992. — 6 с.
2. Амосов И.И., Горшков В.И., Гречишников Н.П. и др. Петрология органических веществ в геологии горючих ископаемых. — М.: Наука, 1987. — 333 с.
3. Баранов В.А. Структурні перетворення пісковиків Донбасу і прогноз їх викидонебезпечності. — Автореф. дис... докт. геол. наук. Дніпропетровськ, НГАУ, 2000. — 35 с.
4. Геологические памятники Украины: Справочник-путеводитель / Н.Е. Коротенко, А.С. Щирица, А.Я. Каневский и др. — К.: Наук. думка, 1985. — 156 с.
5. Гринсмит Дж. Петрология осадочных пород. — М.: Мир, 1981. — 253 с.
6. Даниленко В.М. Кам'яна Могила. — К.: Наук. думка, 1986. — 152 с.
7. Забігайло В.Ю., Баранов В.А. Пластичні деформації кварцу пісковиків Донбасу // Геол. і геох. горючих копалин, 1995. — №1–2(90–91). — С. 33–45.
8. Курило М.В., Галабурда Ю.А., Добрянский Л.А. Некоторые результаты термобарогеохимического изучения аутигенных минералов из угленосных отложений Донбасса // Литология и полезные ископаемые, 1986. — №2. — С.68–74.
9. Михайлов Б.Д. Каменная Могила — Rocky Mound — Das Steinerne Grab. — Днепропетровск: Промінь, 1979. — 63 с.
10. Михайлов Борис. Каменная Могила и ее окрестности. — Запорожье: Дикое Поле, 2006. — 194 с.
11. Пат. 31482 Україна. Спосіб встановлення ступеню катагенезу порід / В.А. Баранов, В.В. Лукинов. Бюл. Промисл. власність, №7–11. — 2000. — 5 с.
12. Пат. 5280 Україна. Спосіб визначення меж викидонебезпечності порід / В.А. Баранов, В.В. Лукинов. Бюл. Промисл. Власність, №7–1. — 1994. — 4 с.
13. Рудинський М.Я. Кам'яна Могила. — К.: Вид-во АН УРСР, 1961. — 96 с.
14. Свержевский В.Л., Положай Г.Т., Мартынюк В.В. Связи между физико-механическими характеристиками пород среднего карбона юго-западной части Донбасса // Труды Второй геол. конф. «Степановские чтения». — Артемовск, 1968. — С.103–105.
15. Справочник по литологии. — М.: Недра, 1983. — 509 с.

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова,
Днепропетровск
E-mail: igtmanu@yandex.ru; baranov-va@rambler.ru

Рецензент — канд. геол.-минерал. наук С.Б. Шехунова