

СУЛЬФИДЫ ЖЕЛЕЗА В ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БЕЛАРУСИ

Ferrous sulfides in sea and continental deposits of Paleogene system of Belarus are presented by authigenic and allothigenic forms of pyrite, marcasite and melnicovite. Their typomorphic characteristics investigation gave us an opportunity to reconstruct paleogeographic conditions of sedimentation in Paleogene period, to ascertain the character and the succession of diagenetic and hypergene reformation of sediments.

Палеогеновая система мощностью до 220 м широко распространена в южной и центральной частях Беларуси. Она представлена комплексом разнофациальных отложений: морских, прибрежно-морских, лиманно-дельтовых и континентальных. Чаще всего они залегают на глубине от 20 до 40 м, а на востоке страны в долинах рек иногда выходят на дневную поверхность [1]. Минеральная ассоциация пород насчитывает более 40 различных по генезису и составу минералов, среди которых значительная роль принадлежит сульфидам железа, типоморфное разнообразие которых позволяет реконструировать палеогеографические условия палеогеновой седиментации, характер и направленность постседиментационных диагенетических и гипергенных процессов осадочных породообразований.

Сульфиды железа постоянно присутствуют в тяжелой фракции всех генетических типов палеогеновых пород и представлены устойчивым парагенезом трех полиморфных модификаций: пиритом, марказитом и мельниковитом. Пирит и марказит распространены довольно широко, но не всегда легко различимы, поскольку часто образуют смешанные формы. Во многих конкрециях, агрегатах, псевдоморфозах и зернах выявлено их совместное нахождение, чаще всего отмечаются нарастания (с признаками замещения) пирита на радиально-лучистых марказитовых ядрах. Мельниковит встречается изредка в незначительных количествах, во многих случаях несет на себе следы монотропного полиформизма, замещаясь марказитом, а затем пиритом.

В палеогеновых отложениях установлены две генерации сульфидов железа: терригенные минералы, переотложенные из подстилающих пород, и аутигенные, образованные в осадках на стадии диагенеза. **Терригенные** сульфидные зерна (пирит и марказит) относительно равномерно распределены по разрезу, в незначительных количествах встречаются как в морских, так и континентальных породах. По размеру, чаще всего 0,1-0,5 мм, они всегда соответствуют основной гранулометрической фракции пород. Зерна таких минералов обычно хорошо окатаны, что свидетельствует о неоднократном их переотложении из одной породы в другую в динамически активной водной, скорее всего морской, среде. Очевидно, что эти зерна прошли не один цикл седиментации. Терригенные минералы имеют латунно-желтую окраску, сильный металлический блеск, часто гальминизированную поверхность.

В то же время в районах юго-западной части Подляско-Брестской впадины в киевском горизонте встречаются «аномально» неокатанные остроугольные обломки и кристаллы кластогенного пирита кубической и пентагондодекаэдрической формы (рис. 1 а). Их появление связано с локальным размывом в эоценовую эпоху эффузивно-осадочных толщ Луковско-Ратновского горста и Полесской седловины, по направлению к которым прослеживается увеличение количества пирита от единичных зерен до 5-10 % тяжелой фракции. Здесь же в различных горизонтах палеогена встречаются гравийно-галечные обломки докембрийских туфопесчаников и песчаников с пирит-марказитовым цементом [2]. Кроме того, на юге Беларуси, в районах, непосредственно примыкающих к северо-восточным склонам Украинского кристаллического щита, не только в киевском, но и в других горизонтах морского палеогена отмечаются совершенно неокатанные кристаллы марказита бронзово-желтого цвета со слегка зеленоватым оттенком, хорошо

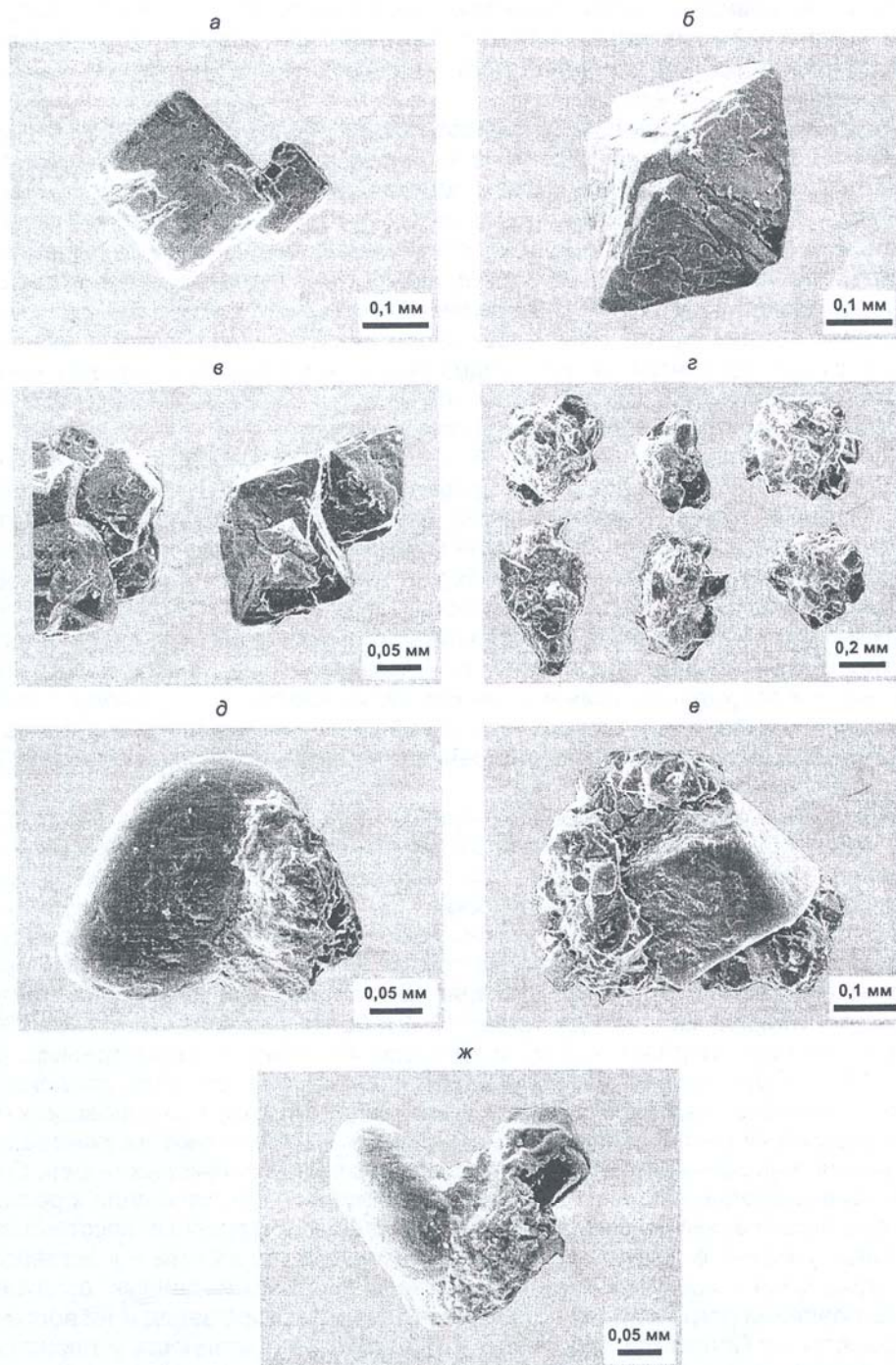


Рис. 1. Типоморфные разновидности сульфидов железа из морских палеогеновых отложений.

Кластогенные формы: а – комбинация кристаллов пирита кубической сингонии, скв. 10 (Иваново), гл. 39,6–44,3 м; б – двойник пирамидальных кристаллов марказита, в – копьевидные сростки кристаллов марказита, скв. 12 (Зосинцы), гл. 40–45 м; аутигенные формы: г – микроконкреции с включениями мелких аллотигенных зерен кварца, единичных зерен глауконита, пирита, слюды, ильменита, магнетита («ежики»), скв. 64 (Пинск), гл. 20,2–27,0 м; наросты на терригенных зернах: д – кварца, е – ильменита и ж – рутила, скв. 10 (Иваново), гл. 49,0–52,3 м

ограниченные, пирамидальной или орторомбической формы, в сростках образующие копьевидные, радиально-лучистые агрегаты (рис. 1 б, в). Очевидно, что Украинский кристаллический щит перманентно на протяжении палеогена являлся основной областью сноса, питавшей седиментацию палеогеновых морей.

Аутигенные выделения сульфидов железа более разнообразны и содержатся во вмещающих породах в значительно больших количествах независимо от их стратиграфического положения и района распространения. Обычно они крупнее аллотигенных зерен, уступают им по степени окристаллизованности, благодаря чему легко диагностируются, в разрезе распределены неравномерно, что, как правило, предопределено фациальной принадлежностью пород. В отношении палеогеновой системы выделяется несколько стратиграфических уровней аутигенного сульфидообразования. Наибольшие концентрации сульфидов выявлены в морских породах киевского и харьковского горизонтов; третий уровень связан с угленосными отложениями карстовых западин крупнейшего горизонта.

В *морских породах* киевского и харьковского горизонтов содержание сульфидов изменяется в широких пределах как по разрезу, так и по площади. Отмечается ряд общих для обоих горизонтов тенденций; кроме пирита и марказита в них присутствует также мельниковит; все минералы, как правило, сосредоточены в нижних частях регрессивной части разрезов, где образуют обогащенные прослои мощностью от 1-2 до 10-15 м. По литологическому составу это в основном алевриты. С увеличением гранулометрического класса пород, невелико их содержание в глинах и глинистых алевритах. В мелководных сублиторальных фациях и в зонах волноприбойной деятельности аутигенные пирит, марказит и мельниковит встречаются в виде единичных зерен либо вообще отсутствуют.

Максимальные концентрации аутигенных сульфидов железа отмечаются на территории Подляско-Брестской впадины и Полесской седловины. Здесь в алевритах на глубине 20-35 м в районе Пинска и 40-55 м в районе Иванова установлены рекордно высокие для палеогеновой толщи содержания, превышающие 60 % тяжелой фракции. Такое обогащение пород аутигенными минералами отразилось на общем соотношении легких и тяжелых фракций в составе морских отложений. Выход тяжелой фракции в обогащенных сульфидными слоях достигает 10 % и более (максимальное - 12,6 %, скв. 8, Иваново, глубина 43,2 м), в то время как обычно редко превышает 1,5-2,0 %. Образование пиритизированных прослоев в районах, прилегающих к Полесской седловине, скорее всего, свидетельствует о сероводородном заражении изолированных от моря остаточных бассейнов, возникших во время периодически повторявшихся регрессий палеогеновых морей. Отсутствие подводных течений и снижение динамики волн приводили к резкому сокращению зоны апвеллинга и возникновению анаэробных восстановительных условий в придонной части водоемов и в результате - к активной сульфидизации обогащенных органическим веществом донных осадков. В направлении регрессий палеогеновых морей на северо-запад и на восток-юго-восток от Полесской седловины сокращаются как мощность и площадь сульфидизированных слоев, так и концентрация в них сульфидов. Например, если среднее содержание пирита и марказита в киевском горизонте Полесской седловины составляет 27 % тяжелой фракции, то в центральной части Припятского прогиба - в три раза меньше (9 %), а на Брагинско-Лоевской седловине и совсем незначительное (2,2 %). Сходная тенденция свойственна и харьковскому горизонту; 37,14 и 13 % соответственно.

Установлена гранулометрическая дифференциация основных типоморфных разновидностей минералов. В хорошо сортированных морских алевритах только 25-30% сульфидов имеют размер 0,1-0,01 мм, соответ-

ствующий основной фракции. Остальные зерна крупнее: 65-70 % сосредоточено во фракции 0,25-0,1 мм, 5-10 % - во фракции > 0,25 мм, где они образуют чистые мономинеральные концентраты,

Наиболее крупные зерна сульфидов железа размером > 0,25 мм представляют собой микроконкреции различной, чаще всего изометричной формы концентрического, радиально-лучистого, а иногда и массивного без центров строения. По способу образования это конкреции базальной цементации, содержащие включения мелких идеально окатанных зерен породообразующего кварца, реже - других аллотигенных минералов (глаукогита, пирита, слюды, ильменита, магнетита). Благодаря таким включениям конкреции приобретают причудливую с шипами форму «ежиков» (рис. 1 а). Срастаясь друг с другом, они часто образуют агрегаты, состоящие из двух-трех и более конкреций. Псевдоморфозы по органическим остаткам часто сохраняют не только первичную форму, но также скульптурные особенности и рельеф. Хорошо различимы псевдоморфозы по остаткам растительности, отдельным спикулам и фрагментам скелетных решеток губок, раковинам фораминифер, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, остаткам иглокожих (рис. 2). Палеонтологические исследования пиритизированных остатков фауны губок и фораминифер позволили определить роды, а в нескольких случаях даже виды ископаемых организмов, обитавших в теплых морских водах с нормальной соленостью в близких субтропическом и тропическом климатических условиях. Кроме того, был подтвержден эоценовый возраст вмещающих пород.

Среди мелких зерен (< 0.25 мм) преобладают простые идиоморфные формы, тонкозернистые агрегаты, корочки и наросты на терригенных зернах (рис. 1 д-ж), оолиты, тонкодисперсные землистые массы, мелкие фрагменты псевдоморфоз по органическим остаткам.

Сульфиды железа из палеогеновых отложений обнаруживают значительную изменчивость не только по структуре, размерам и формам выделений, но и по другим особенностям - степени кристаллизации (от коллоидных выделений мельникопита до полностью раскристаллизованных зерен пирита), блеску (от землистого матового до яркого сильного металлического), характеру поверхности (от шероховатой пористой до глянцевой), цвету. В зависимости от степени раскристаллизации и состава примесей пирит имеет светло-желтую, латунно-желтую, желтовато-серую, серую окраску; марказит — бледно-желтую с зеленоватым оттенком, кремовую, светло-желтую сероватую; мельникоцит - темно-серую, буровато- и синевато-черную.

Сформированные в самом начале превращения осадка в породу сульфиды железа претерпели дальнейшие гипергенные преобразования, отраженные в цвете. На поверхности зерен всех трех сульфидных минералов, сформировавшихся на стадии диагенеза, отмечается изменение окраски, связанное с более поздними гипергенными преобразованиями. На стадии гипергенеза зерна приобретают ярко-красный или малиновый оттенок (гематитизация), иногда встречаются зерна с такой же яркой, но синего цвета побежалостью (борнитизация). В этих случаях металлический блеск, как правило, сохраняется, а при появлении в результате лимонитизации ржаво-бурого оттенка он тускнеет. Борнитизация свидетельствует об усилении восстановительной обстановки, гематитизация и лимонитизация - об окислении минералов.

Заслуживает внимания поведение сульфидов при магнитной сепарации пород. Несмотря на полное внешнее сходство конкреций, зернистых агрегатов и выделений других форм, неизменно часть из них (от 10-15 до 40 %) оказывается слабо намагниченной и попадает в электромагнитную фракцию, остальные - в немагнитную. При многократных повторениях эксперимента соотношение намагниченных и немагнитных сульфидов в каждой

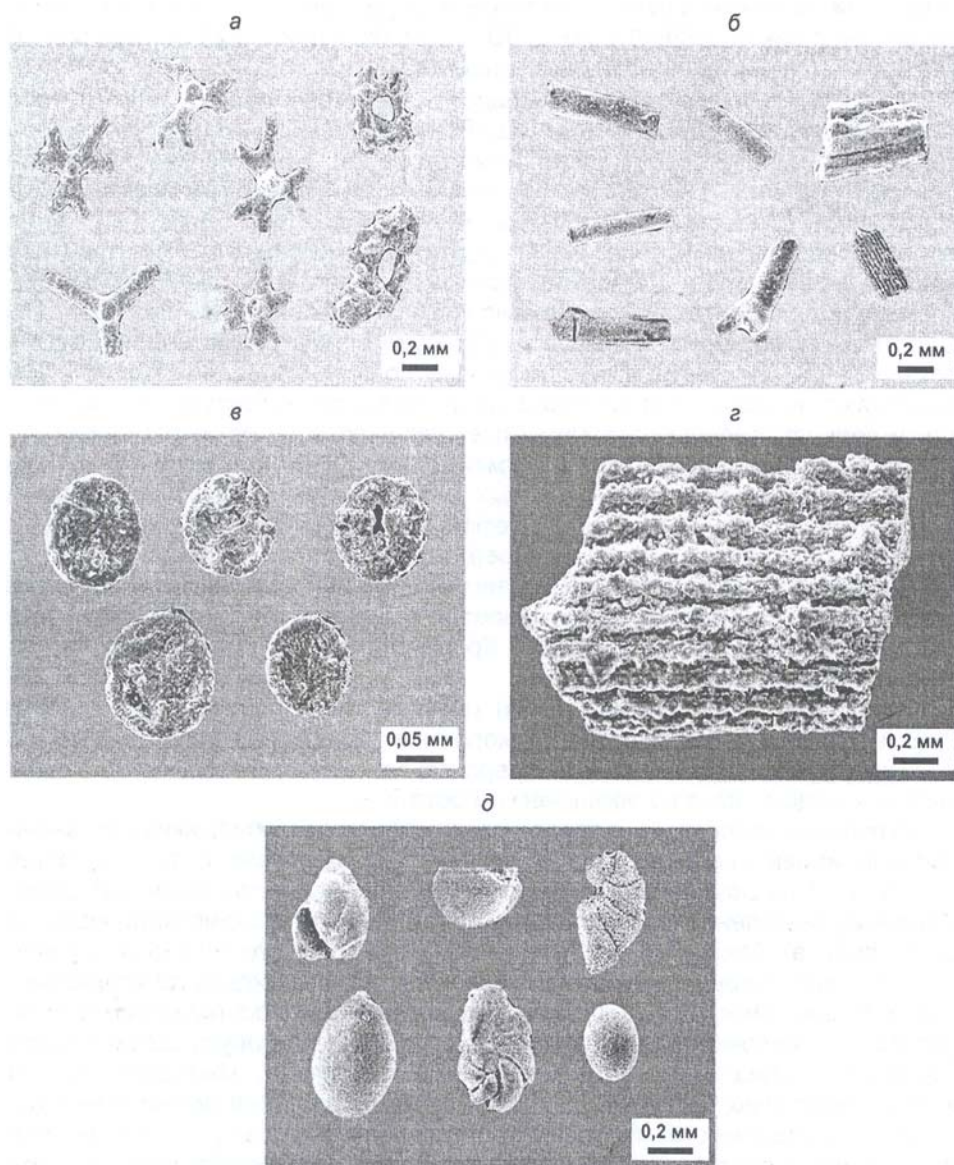


Рис. 2. Псевдоморфозы сульфидов железа по органическим остаткам из морских палеогеновых отложений: а, б - сликулы и фрагменты скелетных решеток губок; в - членики стеблей морских лилий; г - ребристый фрагмент иглы морского ежа; д - раковины фораминифер и моллюсков, скв. 9 (Иваново), гл. 38,2-40,8 м

пробе не изменялось. Частично слабая намагниченность сульфидов объясняется включениями в конкреции и агрегаты таких слабомагнитных минералов, как магнетит, ильменит, глауконит, гранаты. В большей же части выделений включения не обнаружены. В результате наблюдений установлено, что слабые магнитные свойства проявляют лишь те конкреции, агрегаты и зерна, в которых марказитовая составляющая значительно превышает пиритовую. И наоборот, чистые выделения пирита, а также конкреции и агрегаты, в которых этот минерал доминирует, остаются немагнитными. Выявленная закономерность позволяет опосредованно оценить соотношение пирита и марказита в породе, несмотря на то, что причины такого поведения сульфидов при магнитной сепарации остаются невыясненными и требуют специальных исследований.

В континентальных отложениях крупнейшего горизонта, входящих в состав буроугольной формации кайнозоя Беларуси, постседиментационное сульфидообразование имеет свои особенности по сравнению с описанными для морских литофаций. Прежде всего это касается территориального распространения сульфидсодержащих пород. Они встречаются локально, небольшими участками диаметром 0,5-1,5 км в пределах распространения озерно-аллювиальных и болотных отложений карстовых воронок и эрозивно-карстовых западин, вскрытых более чем полусотней скважин на территории Подляско-Брестской впадины, центральной и западной частей Припятского прогиба, а также отдельными скважинами в междуречье Днепра и Оршицы [3]. Формирование и заполнение карстовых котловин началось сразу же после регрессии харьковского моря в середине олигоцена и продолжалось в неогене. Образование сульфидов в них непосредственно связано с процессами угле накопления. Кроме того, в континентальных отложениях олигоцена отмечается обратная тенденция - увеличение содержания сульфидов железа вверх по разрезу буроугольной формации. В олигоценовой части оно варьирует в незначительных пределах, нарастает от единичных зерен в основании разрезов до 20-30 % тяжелой фракции в кровле. В обогащенных органическим веществом болотных фациях миоценовых отложений, особенно в зоне контакта с угольными пластами, достигает максимальных значений 80-95 % [4]. Еще одна особенность связана с типоморфизмом сульфидов железа и размером их выделений. В континентальных породах крупнейшего горизонта резко преобладают явные псевдоморфозы сульфидов по древесным и другим растительным остаткам разнообразных форм: столбчатые, удлинённые волокнистые, почковидные. Меняется и характер конкреционных образований. На смену оолитам и конкрециям цементации приходят конкреции замещения и вытеснения первичного осадочного материала, как правило, имеющие округлую форму и довольно однородные по составу: если и содержат терригенные частицы, то в основном в центре в качестве ядер цементации. Их размер изменяется в широких пределах - от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Диаметр самой крупной конкреции марказита составил 7,2 см. И еще одна особенность отличает континентальные отложения от морских. В ассоциации аутигенных минералов континентальных пород наряду с сульфидами присутствуют парагенетически связанные с ними сидерит и гидроксиды железа, что свидетельствует как о нестабильности окислительно-восстановительных условий формирования пород, так и о незавершенности процессов их постседиментационного преобразования.

Таким образом, исследование типоморфных особенностей сульфидов железа позволило значительно расширить представления о многообразии процессов аутигенного минералообразования в палеогеновых отложениях Беларуси, подтвердить их возраст и реконструировать целый комплекс палеогеографических условий седиментации, диагенетических и гипергенных преобразований.

Автор выражает благодарность Л.Ф. Гулису за помощь в подготовке иллюстративного материала.

1. Геология Беларуси / Под общ. ред. А.С. Махнача и др. Мн., 2000. С. 301.
2. Палеогеография кайнозоя Беларуси / Под общ. ред А.В. Матвеева. Мн., 2002. С. 6.
3. Мурашко Л.И., Рылова Т.Б., Якубовская Т.В. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. М., 1998. Т. 6. № 3. С. 78.
4. Аношко Я.И. Континентальные палеоген-неогеновые отложения юго-востока Белоруссии (минеральный состав и условия формирования). Мн., 1990.

Поступила в редакцию 05.04.06

Лариса Ивановна Муришко - кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры почвоведения и геологии.