

УДК 553.623.54 (470.32)

## ГЛАУКОНИТЫ НИЖНЕВОЛЖСКО-НЕОКОМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КМА И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

С.А.Коваль

*Воронежский государственный университет*

Рассматриваются условия образования глауконитов в песчано-глинистых нижневолжско-неокомских отложениях КМА, и предлагается их морфолого-генетическая классификация. Аргументируется необходимость обязательного учета генетической принадлежности конкретных разновидностей глауконитов при определении по их свойствам и химическому составу обстановок формирования осадочных толщ.

### Морфологические и генетические типы нижневолжско-неокомских глауконитов КМА

При всем разнообразии условий образования различных конкретных разновидностей глауконитов, существует всего два главных генетических типа, два основных способа формирования его в морской среде: 1) путем синтеза составляющих компонентов, находящихся в виде истинных или коллоидных растворов и 2) путем метасоматического замещения различных минеральных и органических веществ. Глауконит, возникший первым способом, в дальнейшем мы будем называть «первичным». Среди изученных отложений в своей подавляющей массе он образовался в стадию сингенеза. В отличие от первого, второй генетический тип глауконита («вторичный» - метасоматически-замещающий) формируется главным образом, в раннем диагенезе и, возможно, частично уже в сингенезе.

Автор настоящей статьи использует термин «сингенез» для обозначения процессов, происходящих на границе двух существенно различных сред (придонные слои воды и иловый раствор), пространственно приуроченные к поверхности осадка. В этом отношении наши представления почти совпадают с таковыми Л.Б.Рухина [1-3 и более поздние работы], отличаясь от них лишь тем, что все изменения, происходящие в толще осадка рассматриваются нами как диагенетические.

Рассмотрим подробнее эти два главных генетических типа глауконита из нижневолжско-неокомских отложений КМА.

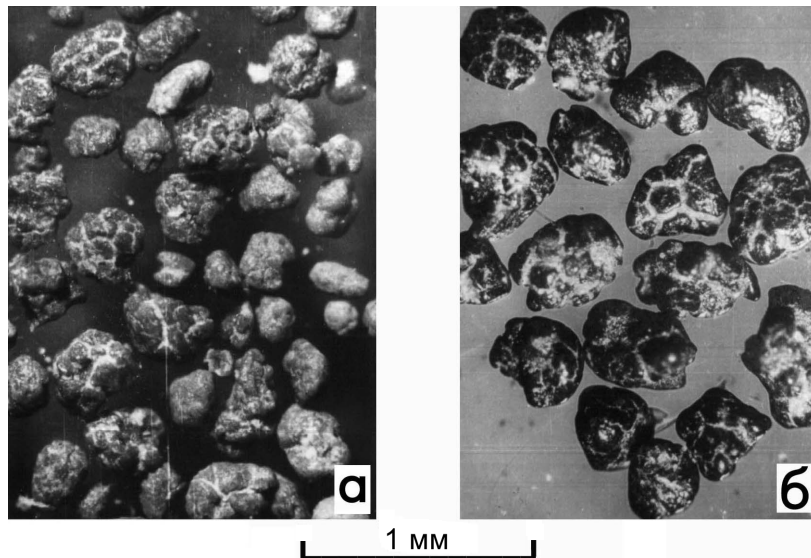
### Первичный глауконит (о способе, времени и месте его образования)

Первичный глауконит является одним из наиболее широко распространенных аутигенных минералов среди нижневолжско-неокомских отложений, представляющих собой нормально морские образования. Он установлен в породах всех имеющих здесь стратиграфических подразделений и составляет главную массу всего глауконита. Форма выделения первичного глауконита в целом весьма однообразна. Он присутствует в виде округлых изометричных или слегка уплощенных зерен, попереч-

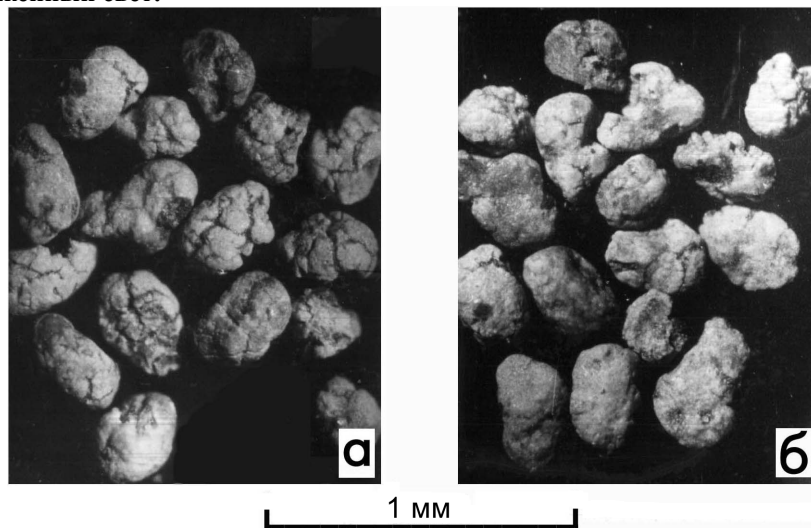
ник которых, как правило, колеблется от 0,05 до 0,25мм, редко выходя за эти пределы, как в ту, так и в другую стороны. Наиболее характерной особенностью рассматриваемого генетического типа глауконита является наличие на поверхности зерен трещин синерезиса. Величина (глубина, ширина) и количество таких трещин в общем случае прямо пропорциональны размерам зерен (при поперечнике последних менее 0,1мм трещины могут вовсе отсутствовать). Это так называемый «почковидный» или «мозговой» морфологический тип глауконита (рис.1). В шлифах такие глаукониты характеризуются чистотой и однородностью внутреннего строения, имеют обычную для них микроагрегатную поляризацию. Способ формирования таких зерен сейчас почти ни у кого не вызывает сомнения. Их единодушно считают возникшими из изометричных комочков геля глауконитового состава, которые при обезвоживании и раскристаллизации значительно уменьшались в объеме и при этом растрескивались. Есть исследователи, которые скептически относятся к возможности образования глауконита из гелевых комочков. Так А.В.Жабин пишет: «Логичнее предположить, что образование глауконита связано с другими процессами, отличными от раскристаллизации гелей» [4, стр.80].

Совсем иначе обстоит дело с определением условий, места и времени формирования самих первичных гелевых комочков глауконитового вещества. Здесь нет единства взглядов, и трудно сказать, какого мнения сейчас придерживается большинство исследователей. По нашим данным, первичный глауконит изученных отложений образовался в своей подавляющей массе на поверхности осадков в стадию сингенеза. Основными доводами в пользу именно такого определения места и времени формирования глауконита названного типа могут быть следующие.

При внимательном изучении концентратов первичного глауконита нами было установлено, что у многих зерен трещины синерезиса расположены асимметрично: на одной стороне зерна имеются глубокие и многочисленные трещины, тогда как на противоположной - менее глубокие и лишь едва намечающиеся. Иногда это явление носит весьма резко выраженный характер. На рис.2 показаны одни и те же зерна глауконита, сфотографированные с



**Рис.1.** Первичный глауконит: «а» - буровато-зеленой окраски средней интенсивности (обр.8/40), «б» - темно-зеленой до смоляно-черной окраски (обр.44/4208). В кадре «а» видно, как с уменьшением величины зерен уменьшаются размеры и количество трещин синерезиса. Искусственные концентраты глауконита, отраженный свет.



**Рис.2.** Одни и те же зерна первичного глауконита (обр. 37/46), сфотографированные с противоположных сторон. На противоположных сторонах зерен величина и количество трещин синерезиса существенно отличаются. Искусственный концентрат глауконита, отраженный свет.

противоположных сторон. Здесь достаточно наглядно иллюстрируется отмеченное явление: одна сторона глауконита изобилует довольно глубокими и многочисленными трещинами синерезиса (кадр «а»), на противоположной стороне этих зерен трещины мелкие, менее многочисленные, а примерно у половины зерен практически совсем отсутствуют (кадр «б»). Эта характерная особенность первичных глауконитов в той или иной степени проявляется у подавляющего большинства зерен глауконита, имеющих трещины сокращения объема.

Данный факт, по нашему мнению, свидетельствует о том, что в момент зарождения и формирования трещин синерезиса противоположные части зерен находились в существенно неодинаковых условиях. Естественно, этого не могло быть ни внутри осадка, ни в наддонной воде, но, напротив, такие

условия являлись типичными для поверхности раздела этих двух сред. Верхняя часть глауконитовых гелевых сгустков, находившаяся в наддонной воде, могла свободно растрескиваться в процессе сокращения объема комочка. Нижняя сторона будущего зерна глауконита находилась в соприкосновении с несравненно более вязкой средой осадка, что препятствовало быстрой и способствовало замедленной (а поэтому без разрыва сплошности) деформации этой стороны гелевого комочка.

При относительно активном гидродинамическом режиме та или иная часть гелевых комочков движениями воды перемещалась и утрачивала свое первоначальное положение, в результате чего у этих зерен степень асимметрии в расположении трещин различной интенсивности снижалась. В условиях спокойного гидродинамического режима глаукони-

товые гелевые сгустки в течение длительного времени не изменяли своего первоначального положения, что способствовало формированию зерен глауконита с резкой асимметрией в строении их поверхности. Отмечается связь этого явления со степенью глинистости и алевритистости песчаных пород: чем более тонкозернисты и чем более глинисты песчаные породы, тем больше выражена степень асимметрии в расположении трещин синерезиса.

В этом же направлении могла оказывать влияние и скорость седиментации. Замедленный темп осадконакопления способствовал формированию зерен с резко выраженной асимметрией. При ускоренной седиментации верхняя часть поверхности гелевых комочков относительно быстро попадала в те же условия, что и нижняя. Это уменьшало степень различия в строении поверхности противоположных сторон зерен.

В частности, наиболее высокой степенью асимметрии среди изученных отложений характеризуются первичные глаукониты, извлеченные из наиболее тонкозернистых и хорошо отсортированных пород. Глаукониты, показанные на рис.2, извлечены именно из такой породы, которая представляет собой мелкопесчанисто (2%)-глинистый (40%)-алеврит (58%).

Другим обстоятельством, свидетельствующим о формировании рассматриваемых глауконитов до стадии диагенеза является тот факт, что зерна аутигенного глауконита в песчаных и песчано-алевритовых породах участвуют в качестве «жесткого» компонента, формирующего их структуру наряду с обломками кластогенных минералов. Действительно, образование первичного глауконита в виде самостоятельных округлых зерен, форма которых совершенно не зависит от окружающей их среды, возможно было бы только в осадке полужидкой консистенции, то есть в существовании глинистом (илистом). В этом случае микроконкреционные зерна первичного глауконита могли бы расти относительно «свободно» и занимать объем близкий к сферическому (как это имеет место в подобной ситуации для всех типичных диагенетических минералов-конкрециеобразователей). Как известно, алевриты и особенно пески бедные глинистой составляющей сразу же после седиментации имеют довольно плотную (не полужидкую) консистенцию. Именно поэтому в данном случае все заведомо диагенетические минералы (например, сидерит и другие) занимают то пространство, которое осталось между зернами аллотигенных минералов и новообразований стадии сингенеза. Естественно было бы ожидать того же самого и от глауконита. Иными словами первичный глауконит стадии диагенеза в существовании песчаных и алевритовых породах должен был бы иметь форму зерен, приспособленную к тому объему, который остался для него в осадке, имевшем относительно плотную (не полужидкую) консистенцию сразу же с момента его образования.

Ничего подобного, однако, в подавляющем большинстве случаев не наблюдается для рассматриваемого здесь генетического и морфологического типа первичного глауконита. Важно подчеркнуть, что именно этот морфологический и генетический тип глауконитов составляет основную, количественно резко преобладающую массу всего глауконита как нижневолжско-неокомских пород КМА, так и вообще морских отложений. При этом местом его максимальных концентраций являются именно существенно алевритовые и мелкопесчаные, а нередко и более крупнообломочные породы [4-8 и др.]. Трудно себе представить, что во всех таких случаях глауконит повсеместно является переотложенным из размытых отложений уже прошедших стадию диагенеза (более того, у него должны были бы проявляться и признаки переотложения). Но даже если и согласиться с таким маловероятным предположением, то и тогда главной первоначальной ареной концентрации рассматриваемого типа глауконита могли бы быть только такие же или еще более грубообломочные осадки. Таким образом, зона существенно песчаных и алевритовых пород является основным местом первичной концентрации глауконитов рассматриваемого типа. Факты нахождения зерен «почковидного» (или «мозгового») аутигенного глауконита в алевритово-песчаных отложениях свидетельствуют о том, что эти зерна возникли и сформировались в качестве самостоятельных жестких (твердых) элементов структуры, имеющих собственную и практически не изменяющуюся форму еще до попадания их в осадок.

В качестве подтверждения наших рассуждений приведем конкретный пример.

Среди песчаных пород валанжинского яруса, фракция 0,5-0,25мм в которых составляет от 30 до 80%, имеются разности, в которых содержание глауконита достигает 80%. Большинство зерен глауконита имеет многочисленные и очень глубокие, порою достигающие их центральных частей, трещины синерезиса. При этом окатанные (переотложенные) зерна хорошо отличаются от аутигенных. Никакой разницы в характере участия тех и других зерен, а также кластогенных минералов в сложении породы не отмечается. Все компоненты «обломочной» части породы - и зерна кварца, и аутигенный почковидный глауконит, и возникшие в сингенезе гидрогетитовые оолиты - участвуют в сложении породы совершенно одинаково. Названные аутигенные образования не несут здесь никаких следов, указывающих на хотя бы частичное приспособление их формы. В то же время содержащийся в отдельных участках, несомненно, диагенетический сидерит, напротив, занимает только оставшееся пространство между зернами кластогенных минералов, а также аутигенных глауконита и железистых оолитов. Все это, вместе взятое, свидетельствует, несомненно, о том, что данный глауконит является здесь в своей массе минералом аутигенным, но возник-

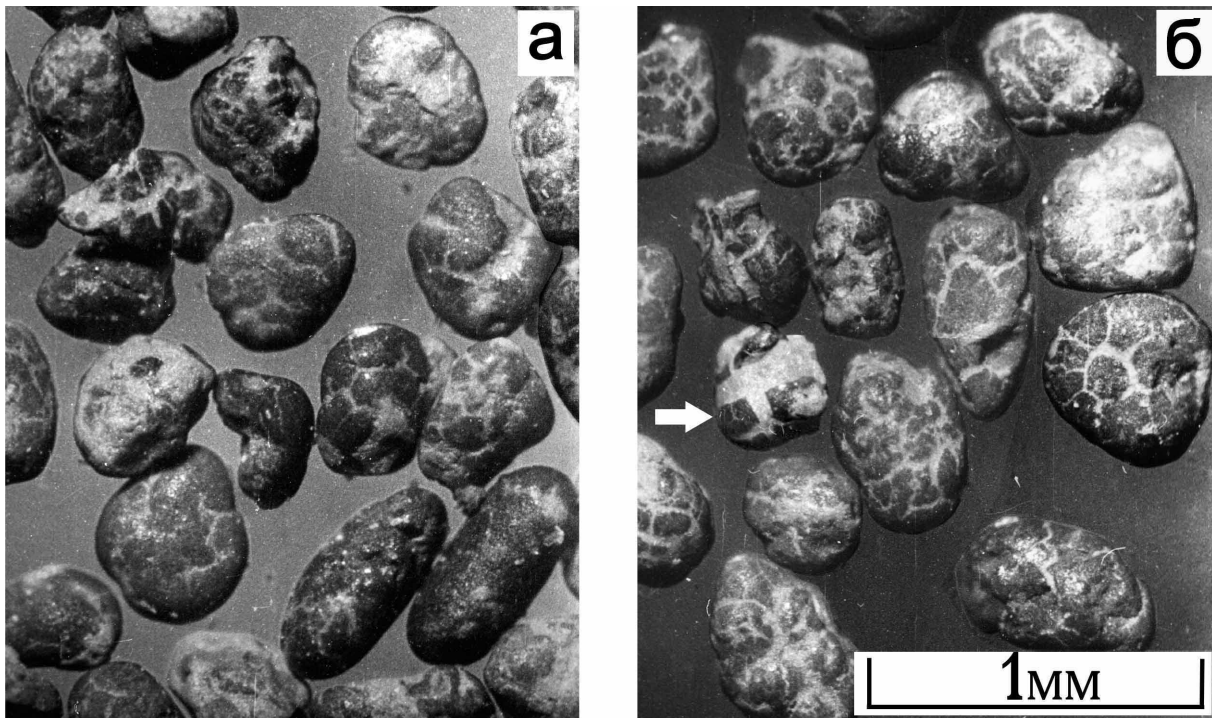


Рис.3. Первичный глауконит, окатанный в условиях мелководья, из хорошо сортированных среднезернистых слабглинистых песков валажинского яруса (фракция  $>0,5\text{мм}$  составляет 8%,  $0,5-0,25\text{мм}$  – 73%,  $0,25-0,1\text{мм}$  – 7%,  $<0,01\text{мм}$  – 10%, остальные в сумме всего около 2%).

шим и оформившимся в относительно твердые зерна еще до попадания их в осадок и, таким образом, до начала диагенеза, а, следовательно, либо в стадию седиментации (что маловероятно), либо в сингенезе.

Следует отметить, что переотложенные зерна глауконита довольно легко отличаются от не переотложенных. Одним из ряда признаков переотложения, легко обнаруживаемых визуально является окатанность зерен глауконита. Отвердевшие зерна первичного глауконита, имеющие первоначально множество «пережимов» и «выступов», довольно легко окатываются. Их поверхность становится ровной матовой. Неоднородность строения зерен, связанная с наличием разных генераций минерального вещества (в трещинах синерезиса и вне их) при этом не оказывает влияния на степень сглаживания первоначально резко неровной поверхности зерен (рис. 3, стрелкой выделено зерно, у которого заполненные трещины синерезиса составляют примерно 50% его объема).

Данные о вторичном преобразовании глауконита также свидетельствуют о его образовании, по крайней мере, не позже раннего окислительного этапа диагенеза (смотри ниже - раздел о вторичном преобразовании глауконита).

Наконец, имеются и другие факты, на основании которых глауконит, вопреки широко распространенному мнению, не может быть отнесен в разряд типичных и широко распространенных диагенетических образований. Действительно, почти все несомненно диагенетические образования сложены минералами, которые представляют собой простые

химические соединения или их изоморфные ряды (пирит, марказит, сидерит, магносидериты, анкерит, кальцит, фосфаты, минералы кремнезема и т.п.). Все перечисленные и другие заведомо диагенетические минералы находятся в породах, как в форме микро-, так и макроконкреций. Глауконит в этом отношении резко отличается от них, поскольку представляет собой сложное химическое соединение и никогда не образует макроконкреционных тел.

В процессе изучения нами сидеритовых и пиритовых макро- и микроконкреций установлено, что концентрация главной массы их вещества на месте будущей конкреции происходит почти исключительно за счет привнесения, а не местного материала, местный же материал, ранее занимавший объем конкреции, в своей совершенно подавляющей части удаляется за пределы конкреционного тела механически - вытесняется [9]. Метасоматоз играет здесь весьма второстепенную роль. На наш взгляд именно такому механизму формирования макроконкреционных тел способствует простота химического состава минералов-конкрециеобразователей. Так, для формирования, например, сидеритовой конкреции оказывается достаточным наличия в месте конкрециеобразования необходимого количества химических элементов, составляющих данный минерал, и подходящих условий. Для того чтобы могла сформироваться глауконитовая конкреция, требуются в принципе аналогичные условия, но с той большой разницей, что число составляющих элементов (или их соединений) значительно возрастает, а, следовательно, степень вероятности стечения благоприятных обстоятельств резко уменьшается.

«Глауконитовое вещество», как таковое, в силу своего сложного химического состава, вероятно, не может в сколько-нибудь заметных масштабах перемешаться в осадке. Именно поэтому в морских осадках не возникает макроконкреционных глауконитовых тел, а диагенетические микроконкреции его образуются иным способом, чем у типичных диагенных минералов-конкрециеобразователей. Как будет показано в дальнейшем, глауконитовые диагенетические образования формируются обычно почти исключительно за счет местного материала (глинистых тонкодисперсных минералов, листочков мусковита и биотита и др.). Привнос химических элементов и соединений в данном случае играет второстепенную роль.

Таким образом, по нашим представлениям, основная масса глауконита рассматриваемого генетического типа (и, следовательно, глауконита вообще) среди отложений нижеволжско-неокомской толщи КМА возникла и сформировалась на поверхности осадка в стадию сингенеза. В седиментогенезе, по-видимому, могло образоваться только глауконитовое вещество в виде мельчайших хлопьев геля, консолидация которых в изометричные округлые комочки осуществлялась уже на поверхности осадка и заканчивалась до наступления стадии диагенеза. На поверхности осадка в течение стадии сингенеза происходило старение глауконитовых комочков геля, которое в случае относительно высокой скорости седиментации могло продолжаться и в диагенезе. В осадке на стадии диагенеза зерна первичного глауконита продолжали обезвоживаться и раскристаллизовываться. При этом включенные в некоторые из них мельчайшие частицы инородного материала, захваченные в момент формирования гелевых комочков на поверхности осадка, могли в той или иной степени подвергаться метасоматическому замещению.

### О связи особенностей первичного глауконита с гранулометрическим составом пород и с глубиной их формирования

Рассмотрим теперь некоторые важные и характерные особенности исследованных первичных глауконитов. Из таковых особый интерес представляют две: 1) закономерность распределения глауконита в различных структурных (гранулометрических) и фациальных типах пород и 2) закономерность изменения физико-химических свойств глауконита в зависимости от глубины его формирования.

Как уже отмечалось, по сведениям, имеющимся в литературе, основные массы глауконита приурочены к существенно алевритовым и мелкопесчаным отложениям. При увеличении или уменьшении зернистости содержание глауконита в породах в подавляющем большинстве случаев уменьшается.

В целом эта закономерность свойственна и для изученных нами отложений. Уменьшение со-

держания глауконита в нижеволжских породах по мере увеличения в них относительного количества глинистой составляющей по данным подсчета в 90 размерных фракциях (30 образцов по 3 фракции), отобранных из 11-ти типичных разрезов нижеволжских отложений территории КМА, выглядит следующим образом. При содержании пелитовых частиц (<0,01мм) 70-80% количество глауконита в сумме 3-х фракций от 0,25 до 0,01мм составляет <1%, а во всем объеме породы – 0,1-0,12%. При содержании пелитовых частиц 70-50% количество глауконита в сумме 3-х фракций составляет 4,1-6,55%, а в породе – 0,78-2,03%. При содержании пелитовых частиц 50-40% эти цифры соответственно изменяются до 8,46-13,06 во фракциях и 4-5,75% в породе. Таким образом, в данном случае содержание глауконита увеличилось в сумме размерных фракций от 0,25 до 0,1мм в среднем в 28 раз, а во всем объеме породы в 44 раза.

Аналогичные изменения происходят в отложениях валанжина и готерив-баррема. Однако, в отличие от нижеволжских и готерив-барремских, в породах валанжина максимальное количество глауконита сосредоточено в относительно более крупнообломочных их разностях. В частности, как уже отмечалось, этот минерал в большом количестве (до 80%) содержится в весьма мелководных существенно песчаных отложениях, содержащих от 30 до 80% фракции 0,5-0,25 мм. В относительно более тонкозернистых и глинистых породах этого возраста содержание глауконита уменьшается.

Весьма важной и достаточно четко проявлявшейся особенностью изученных первичных глауконитов является закономерное изменение их физико-химических свойств в зависимости от удаленности от берега и глубины формирования вмещающих их отложений. Данный вопрос еще недостаточно изучен, дискусионен и поэтому на нем необходимо остановиться несколько подробнее.

Впервые такая закономерность была установлена на основании детальных исследований глауконитов юрских и нижнемеловых отложений центральной части Русской платформы Л.И.Горбуновой [6], которая выделила три типа глауконитов, отличающиеся по физико-химическим свойствам и образовавшиеся на различной глубине. В дальнейшем аналогичная закономерность была описана Т.И.Гуровой [10] для глауконитов палеогеновых и верхнемеловых отложениях юго-восточной части Западно-Сибирской низменности.

### О связи физико-химических свойств первичных глауконитов с условиями их образования

Рассмотрим теперь закономерности изменения физико-химических свойств исследованных первичных глауконитов из нижеволжско-неокомских отложений КМА.

Ниже (табл. 1,2, рис.4) приводятся результаты некоторых видов анализов типичных представите-

Таблица 1

## Связь физико-химических свойств первичных глауконитов с условиями их образования

№№ обр/скв	Возраст	Условия формирования отложений и глауконита	Текстура породы	Микротекстура глинистой массы	Содержания размерных фракций (%)						Содержание главных химических компонентов в глауконите (%)						Величина светопреломления			Окраска глауконита и ее интенсивность	
					>0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01 мм	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>общ</sub>	K <sub>2</sub> O	Преобладающая	Минимальная	Максимальная		
53а/832	Готерлив-баррем	Мелководные	Беспорядочная	Беспорядочная	0,06	0,02	3,6	62,2	26,1	2,7	50,64	9,70	15,89	3,56	13,88	5,36	1,600	1,597	1,604	Фисташково-зеленая средней интенсивности	
8/40	Готерлив-баррем	Относительно глубоководные	Неясно горизонтально-слоистая	Ориентированная	-	0,32	0,81	8,40	16,20	74,27	46,71	14,51	14,54	2,71	12,12	4,33	1,594	1,591	1,597	Буровато-зеленая средне-слабой интенсивности	
2/2322	Валанжин	Мелководные	Неясно-пологоволнисто-слоистая	Беспорядочная	8,16	73,4	6,80	1,26	0,17	10,0	39,62	11,83	22,35	8,71	22,41	2,75	1,618	1,615	1,621	Буровато-зеленая средней интенсивности	
3а/2145	Валанжин	Относительно глубоководные	Неясно-пологоволнисто-слоистая	Беспорядочная, участками слабо ориентированная	1,06	11,3 6	43,29	10,72	6,43	27,15	44,22	15,95	17,62	4,88	16,12	2,90	1,612	1,609	1,615	Травяно-зеленая средне-слабой интенсивности	
44/4208	Нижний волжский	Мелководные	Неясно-пологоволнисто-слоистая	Беспорядочная	1,53	2,60	37,44	17,77	17,13	23,57	44,78	10,03	22,41	5,59	20,09	7,31	1,642	1,640	1,644	Темно-зеленая (до черной)	
9/40	Нижний волжский	Средних глубин	Неясно-пологоволнисто-слоистая	Беспорядочная, участками слабо ориентированная	0,47	0,93	10,56	35,99	4,12	47,93	46,20	11,60	19,73	5,02	16,30	6,44	7,82	1,625	1,621	1,630	Бутыльно-зеленая средней интенсивности
24/43					0,19	0,26	0,38	19,64	19,0	60,36							6,44	1,618	1,612	1,618	
8/2492					0,01	0,01	1,77	25,1	6,16	67,95							7,07	1,620	1,618	1,622	
9/2492					-	0,02	12,70	33,2	5,32	48,46							8,01	1,621	1,615	1,624	
10/2492					0,42	0,96	8,12	15,06	8,34	67,14							8,18	1,621	1,615	1,624	
58/832	Нижний волжский	Относительно глубоководные	Неясно горизонтально-слоистая	Хорошо ориентированная	-	0,40	0,14	3,1	51,5	44,86	40,47	20,08	10,32	2,16	8,91	6,31	1,590	1,587	1,594	Светло-желто-зеленая средней интенсивности	

Таблица 2

Химический состав нижневолжско-неокомских глауконитов (%)

№№	2/2323	3a/2145	44/4208	24/43	58/832	53a/832	8/40	23/43
SiO <sub>2</sub>	39,62	44,22	44,78	46,20	40,47	50,64	46,71	48,58
TiO <sub>2</sub>	0,71	0,59	0,60	0,23	0,60	0,35	0,07	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,83	15,95	10,03	11,60	20,08	9,70	14,51	15,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,35	17,62	22,41	19,73	10,32	15,89	14,54	11,74
FeO	8,71	4,88	5,59	5,02	2,16	3,56	2,71	2,45
MgO	1,44	2,03	2,36	1,88	2,06	3,59	1,68	2,07
CaO	1,62	0,95	0,48	1,26	4,65	2,78	1,31	1,84
MnO	0,08	0,04	0,05	1,88	0,90	0,06	1,68	2,07
K <sub>2</sub> O	2,75	2,90	7,31	6,44	6,31	5,36	4,33	3,75
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,10	0,06	0,07	0,15	0,14	0,07	0,10
П.П.П.	10,92	9,87	5,85	9,0	12,40	7,60	13,35	12,01
Сумма	100,10	99,15	99,54	101,31	100,1	99,67	100,96	100,44

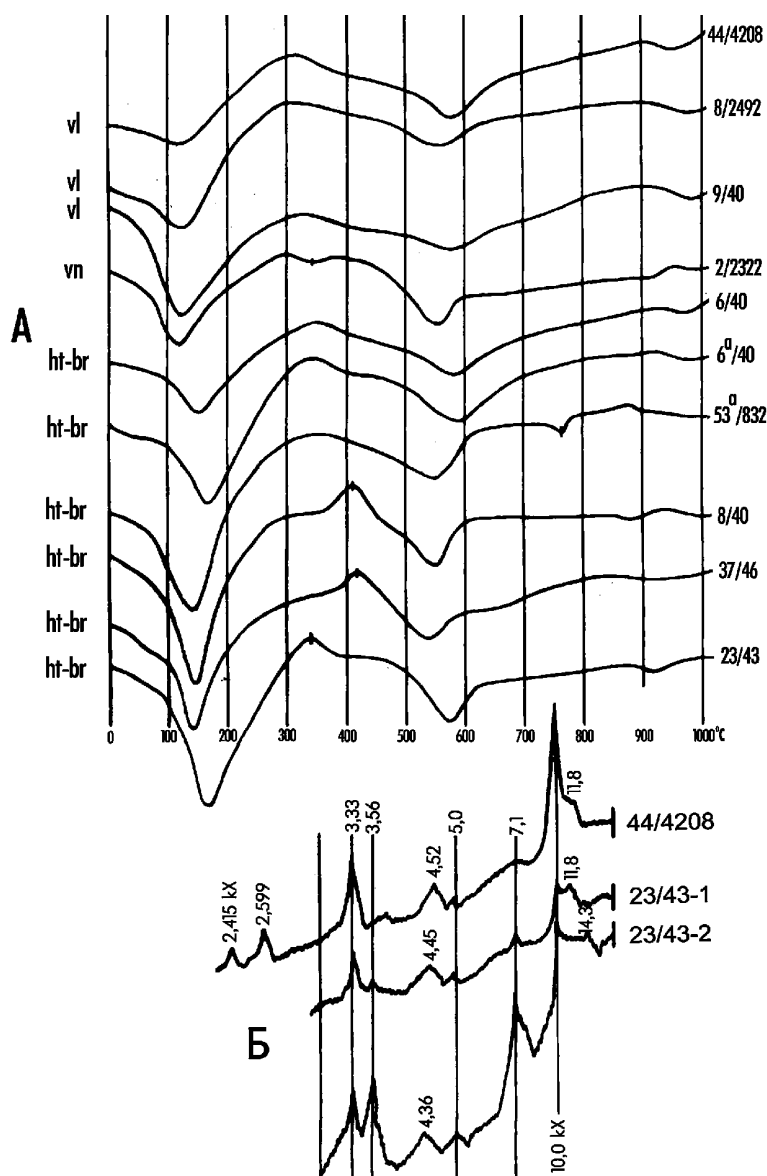


Рис. 4. А – Дифференциальные термические кривые нагрева нижневолжских (vl), валанжинского (vn), и готеривбарремских (ht-br) глауконитов; Б – дифрактограммы первичного 44/4208) и метасоматического (23/43-1) глауконитов, а так же фракции <0.001мм (23/43-2 образца, из которого выделен данный метасоматический глауконит.

лей глауконитов, выделенных из наиболее характерных типов пород. Для удобства дальнейшего изложения в перечисленных приложениях помещены результаты анализов не только первичных, но и замещающего метасоматического глауконита (обр. 23/43). Батиметрическое положение глауконитов определялось главным образом на основании структурно-текстурных особенностей, вмещающих их пород с учетом всех других литологических особенностей отложений: парагенезов пород и минеральных новообразований, положения их в разрезе и плане, палеогеографических реконструкций и других [10,11 и др.].

Таблица 1 отражает связь между физико-химическими свойствами изученных глауконитов и условиями их образования. В этой таблице указаны содержания только главнейших химических компонентов глауконитов, полные химические анализы которых приводятся в таблице 2.

На основании наших наблюдений и данных, помещенных в таблицах 1 и 2, могут быть сделаны следующие выводы.

В отложениях, представляющих собою осадки единых морских бассейнов, наблюдается достаточно четко выраженная зависимость изменения химического состава глауконитов от условий их образования. Существование этой зависимости состоит в том, что с увеличением глубины формирования глауконита (и удаленности от береговой линии) в его составе постоянно происходит уменьшение содержания железа и увеличение - алюминия. Важно отметить, что изменения в содержании двух- и трехвалентного

железа происходят одновременно в одинаковом направлении, благодаря чему с увеличением глубины происходит также и уменьшение содержания железа общего. Наиболее значительные колебания количества железа и алюминия происходят в глауконитах нижнего волжского яруса. Здесь содержания железа общего и алюминия изменяются в образцах 44/4208 и 58/832 примерно в 2 раза. Причем темп этого изменения - у железа и алюминия почти одинаков, но направленность - противоположная.

В готерив-барремских и валанжинских отложениях данная закономерность хотя и проявляется достаточно отчетливо, но выражена несколько слабее.

Других изменений в химическом составе исследованных глауконитов, которые имели бы строго одинаковую и постоянную направленность в отложениях разного возраста, не установлено (табл. 1,2). Для нижневолжских и готерив-барремских глауконитов, как будто, намечается небольшое уменьшение содержания  $K_2O$  с увеличением глубины их формирования. Однако интенсивность этого изменения значительно уступает той, которая имеет место для глауконитов, исследованных Л.И.Горбуновой.

Кроме того, для глауконитов валанжина изменение это имеет противоположную направленность. Правда, разница здесь составляет всего 0,15%, и, возможно, такое соотношение между содержаниями  $K_2O$  в мелководных и относительно более глубоководных глауконитах валанжина в данном случае является нехарактерным или случайным.

Физические свойства исследованных глауконитов находятся в тесной зависимости от их химического состава. Это относится, например, к удельному весу и светопрозрачности. Чем больше содержание железа, тем выше становится и их удельный вес. Именно этим обстоятельством объясняется тот факт, что в тяжелых фракциях образцов нижнего волжского и валанжинского ярусов, как правило, содержится относительно много глауконита, тогда как в готерив-барремских отложениях в тяжелую фракцию переходит лишь ничтожное количество этого минерала.

Показатель преломления и интенсивность окраски глауконитов также обнаруживают зависимость от содержания железа. Однако следует подчеркнуть, что постоянной и прямой связи между этими физическими свойствами и содержанием железа у глауконитов разных палеобассейнов нет. Так, для глауконитов, возникших в течение одного и того же времени на разных глубинах одного и того же бассейна, эта связь постоянна: чем мелководнее глауконит и чем выше в нем содержание железа, тем выше имеет показатель преломления (см. табл. 1). Однако, для глауконитов разного возраста и разных бассейнов прямая и постоянная связь между данными физическими свойствами и содержанием железа, а также относительной глубиной их формирования

отсутствует. Так, например, глауконит нижневолжского образца 44/4208, имеющий наиболее высокий показатель преломления (1,642) и отличающийся наибольшей интенсивностью окраски (темно-зеленая, до черной), содержит железа трехвалентного примерно столько же, а двухвалентного и общего меньше, чем глауконит валанжинского образца 2/2322. Последний имеет значительно меньший показатель преломления (1,618) и более светлую окраску, тогда как сформировался он в более мелководных условиях, чем нижневолжский глауконит 44/4208.

Таким образом, глаукониты, формирующиеся одновременно в одном и том же бассейне, в более мелководных условиях всегда содержат больше железа, меньше алюминия, имеют более высокий показатель преломления и более густую окраску, чем относительно более глубоководные их разности. Однако в бассейнах разного возраста интервал и темп таких изменений неодинаков.

На рис.4 а приводятся термограммы исследованных глауконитов. Кривые сгруппированы по возрастному принципу, одновременно с этим сверху вниз, в целом, происходит и уменьшение интенсивности окраски, а также содержания железа. Общий характер всех кривых в целом сохраняется. Довольно существенное отличие заключается в заметном увеличении интенсивности эндотермического эффекта потери низкотемпературной воды у менее железистых, более светлоокрашенных и имеющих меньший показатель преломления готерив-барремских глауконитов. Кстати, увеличение содержания п.п.п. у относительно более светлоокрашенных, менее железистых и относительно более глубоководных глауконитов в пределах каждого яруса, кроме валанжина, устанавливается и химическими анализами (табл. 2). Данное обстоятельство, по-видимому, также оказывает влияние и на изменение светопрозрачности минерала (чем более гидратирован, тем при прочих равных условиях - ниже показатель преломления).

Отличия в дополнительных термических эффектах обусловлены наличием специфических примесей. В частности, валанжинский глауконит (2/2322) не удалось очистить полностью от обломков гидрогетитовых концентров железистых оолитов, в результате чего его кривая имеет слабый гидрогетитовый эффект с максимумом  $345^\circ$ . В концентрате глауконита 53а/832 оптически установлено около 1,5% кальцита. Соответственно, на его термограмме имеется малой интенсивности, но четкий эндотермический эффект ( $765^\circ$ ). Готерив-барремские отложения содержат в северной части КМА большое количество диагенного пирита. Причем пиритизации подвергается часто и глауконит. Именно этим обстоятельством объясняется появление на кривых 8/40 и 37/46 пиритового экзoeffекта с максимумами  $415-420^\circ$ .

И, наконец, на кривой 23/43, представляющей собой в отличие от всех остальных термограмму не



первичного, а метасоматического глауконита, довольно ясно проявляет себя выгорание органического вещества примерно от 300 до 380 ° с максимумом при температуре 345 °.

Таким образом, отличия в составе и свойствах глауконитов гораздо более четко фиксируются с помощью других методов исследования (химический анализ, оптика). Посредством термографии в данном случае удастся установить лишь самые общие различия между разновидностями этого минерала.

Помимо приводимых результатов анализов выделенных концентратов, тщательные наблюдения и визуальная оценка характера изменения цвета и других особенностей глауконитов, устанавливаемых посредством изучения под микроскопом и бинокулярной лупой, производилось во всех песчано-алевритовых (0,01-0,05; 0,05-0,10 0,1-0,25; 0,25-0,5 и > 0,5мм) фракциях более чем 100 образцов и в 300 шлифах. Во всех случаях, когда можно быть уверенным в образовании глауконита *in situ*, отклонений в установленной закономерности не отмечалось.

#### Вторичный (метасоматически-замещающий) глауконит

Вторичный (метасоматически-замещающий) глауконит среди изученных отложений пользуется несравненно меньшим распространением, чем первичный. В том или ином виде (частично глауконитизированные слюды, а также различные остатки органического происхождения и др.) он встречается во всех ярусах нижеволжско-неокомской толщи КМА. Однако нигде, кроме готерив-барремских пород, он не наблюдался в сколько-нибудь существенном количестве [13].

Широкое развитие процессов диагенного (метасоматического) глауконитообразования составляет одну из характернейших особенностей только верхнеготеривско-нижнебарремских отложений КМА. Поэтому описание данного генетического типа этого минерала приводится на примере главным образом глауконита из отложений готерив-барремского возраста.

На отдельных площадях северной части территории КМА, где названные породы представлены наиболее глинистыми и наименее песчано-алевритовыми своими разностями, метасоматический глауконит является практически господствующим генетическим типом данного минерала. С увеличением зернистости отложений, которое в целом происходит в южном направлении, относительное количество этого типа глауконита уменьшается за счет возрастания роли первичного глауконита. Тем не менее, и в существенно алевритово-песчаных породах готерив-баррема глауконитообразование метасоматическим способом происходило во много раз интенсивнее, чем это имело место для отложений иного возраста.

Одной из наиболее широко распространенных форм процесса глауконитизации является метасоматическое замещение терригенных слюд (биотита и мусковита). Данный процесс в отложениях готерив-баррема КМА протекал подобно тому, как это происходит в современных условиях бухты Монтерей Калифорнийского залива [14]. Наблюдаются все постепенные стадии процесса трансформации биотита и мусковита в пластинчатый и вермикулитоподобного габитуса глауконит (см. рис. 8, 9).

В иммерсионных препаратах этот процесс внешне выражается в следующем. На ранних стадиях листочки слюд в проходящем свете приобретают участками едва заметный травяно-зеленый оттенок, причем поверхность их в этих местах становится "шагреновой". Данные изменения очень хорошо заметны не только в случае замещения бесцветных мусковитов, но и биотитов, обладающих в изученных отложениях преимущественно серо-зеленой окраской. Ровная, однородная поверхность становится шагреновой, оттенок цвета у глауконитизированной (чистый травяно-зеленый) и у незамещенной (грязно серо-зеленый) частей одной и той же чешуйки биотита (или у разных чешуек) достаточно хорошо отличается.

При скрещенных николях эти изменения выражены еще более резко. Чешуйки (или их участки), глауконитизированных слюд, располагающиеся в иммерсионной среде на базопинакоиде, становятся «аномально» анизотропными. Вначале они имеют крупноблоковое угасание (подобно тому, как это бывает у сильно гидратированных слюд). В дальнейшем оно быстро переходит в характерное для нормальных глауконитов микроагрегатное (рис.5, 6). Процесс в большинстве случаев захватывает либо всю чешуйку, либо крупные участки, быстро распространяясь на остальные её части. Значительно реже наблюдались такие индивиды, в которых одновременно имелись и еще совершенно "свежие" участки, и очень сильно глауконитизированные (рис.5). В конечном итоге чешуйки слюд превращаются в глауконит пластинчатого габитуса.

В шлифах удается наблюдать те изменения слюд при их глауконитизации, которые обнаруживаются в разрезах, перпендикулярных базопинакоиду. Эти изменения заключаются в постепенном, но в конечном итоге весьма значительном, разбухании минерала вдоль оси "с" при преобразовании отдельных его "пакетов" в глауконит (рис.7). Здесь следует отметить, что такого рода изменения нами наблюдались только для биотита и не установлены для мусковита.

Отдельные пакеты разбухающих чешуек биотита сложены замещающим его глауконитом, который в разных случаях имеет неодинаковую интенсивность окраски и внутреннее строение. В одних случаях глауконит оказывается темнее окрашенным, чем биотит, в других - напротив, светлее, но при этом всегда его показатель преломления несколько выше, чем у биотита, а цветовые оттенки - отличны (здесь имеет место то же, что и в иммерсионных препаратах).

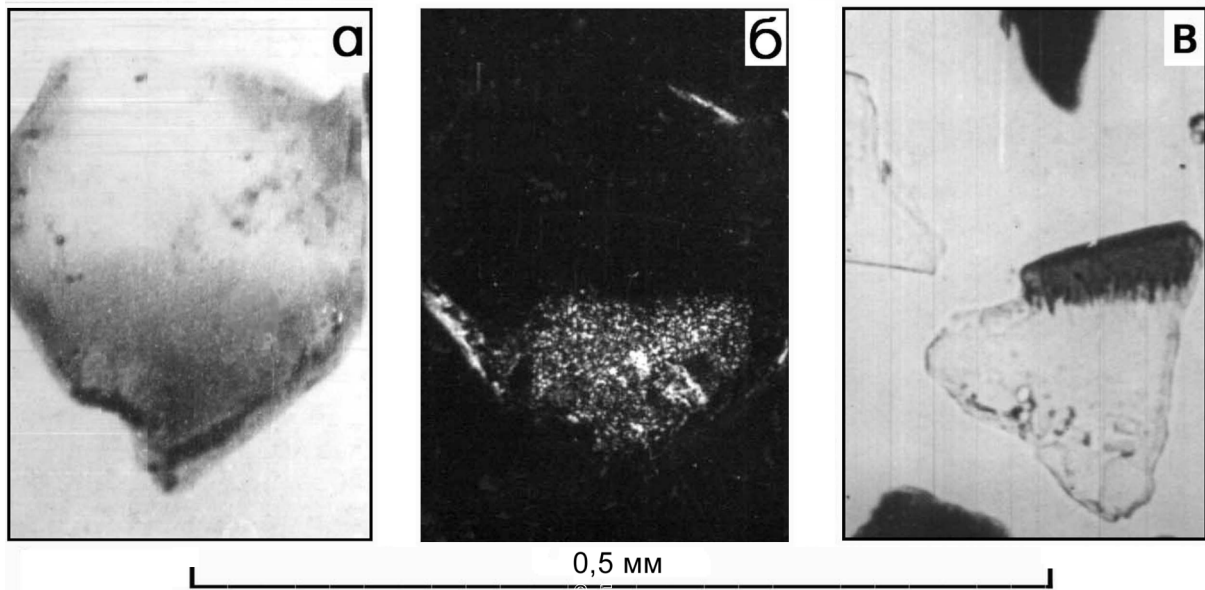


Рис.5. Частично глауконитизированный мусковит. В проходящем свете желтовато-зеленая глауконитизированная нижняя часть пластинки на фото «а» выглядит серой; при скрещенных николях («б») верхняя часть этой пластинки практически изотропна, тогда как нижняя (глауконитизированная) – имеет микроагрегатную поляризацию. В кадре «в» - пластинка мусковита, у которой один край подвергся интенсивной глауконитизации, тогда как остальная ее часть осталась совсем не затронутой этим процессом. Иммерсионный препарат.

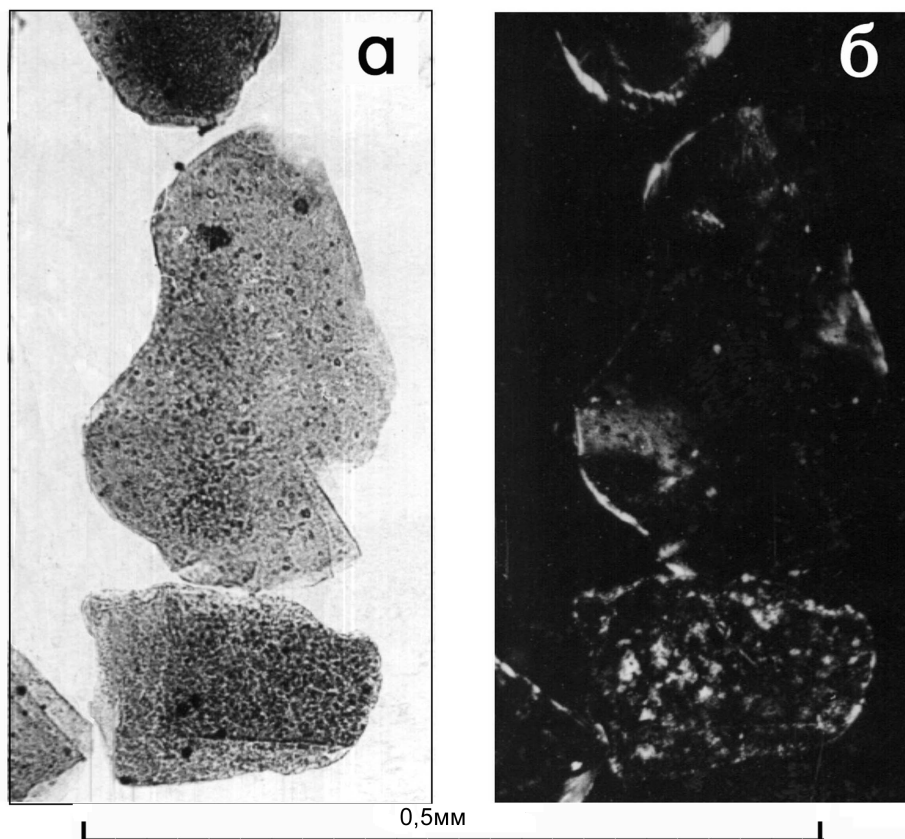
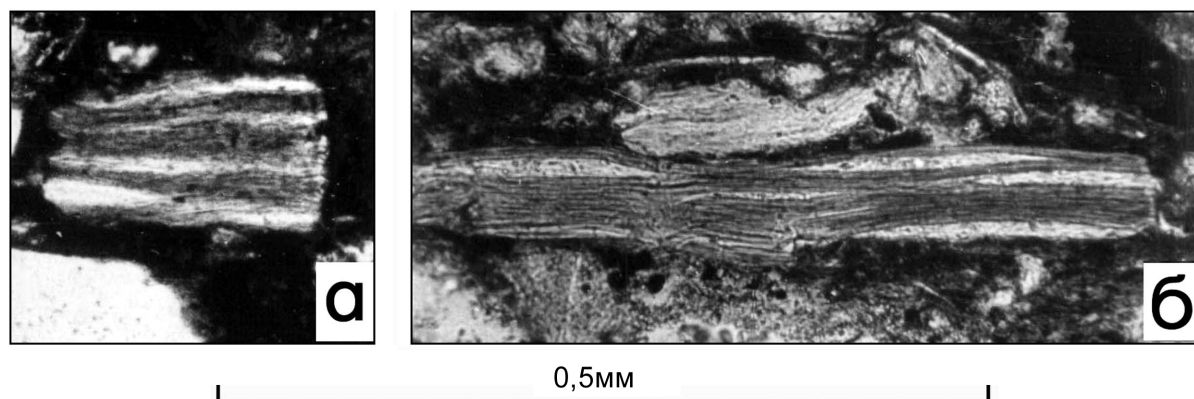
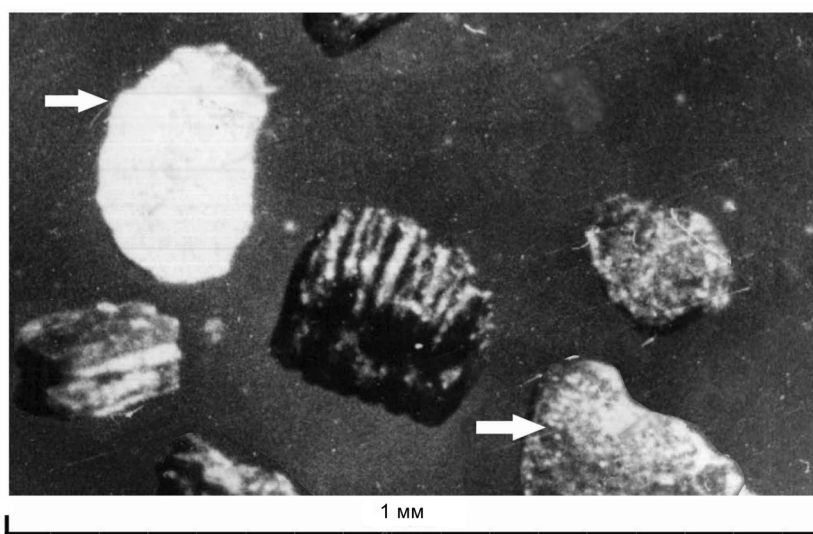


Рис.6. Пластинки биотита, глауконитизированные в различной степени: верхняя пластинка глауконитизирована менее всего, поверхность ее относительно гладкая, серовато-зеленый цвет не изменен (интенсивность его обусловлена толщиной пластинки). Нижняя пластинка – наиболее глауконитизирована, поверхность ее выглядит «мелкобугристой», «шагреневой», цвет изменился от грязно-зеленого до травяно-зеленого; при скрещенных николях она обладает микроагрегатной поляризацией. Средняя пластинка находится в промежуточной стадии глауконитизации. Иммерсионный препарат.



**Рис.7.** Частично глауконитизированный биотит (разрезы в плоскости, параллельной оси «с»). В обоих случаях биотит находится в положении максимального плеохроизма. Виден характер преобразования биотита в микроагрегатный глауконит (относительно более светлые линзы). Шлиф, николи параллельны.



**Рис.8.** «Вермикулитовидный» глауконит под бинокляром. Стрелками указаны отдельные пакеты, лежащие на базопинакоиде. Отраженный свет.

Внутренняя структура глауконитовых пакетов неодинакова. Иногда глауконит сохраняет первичную оптическую ориентировку биотита, тогда он плеохроирует так же, как и биотит. В других случаях глауконитовые пакеты имеют микроагрегатную структуру, и тогда эти новообразования особенно четко обозначаются на фоне биотита, поставленного в положение максимального плеохроизма (рис.7). На рис.7, кроме того, виден характер раздвигания пакетов биотита глауконитом. В конечном итоге возникают образования, имеющие спайные плоскости, перпендикулярные оси "с" и состоящие из отдельных пакетов, вещество которых находится на разных стадиях процесса глауконитизации, так называемый "вермикулитоподобный" морфологический тип глауконита (рис.8). Для сравнения на рис.9 приводится часть иллюстрации аналогичного процесса, помещенной в работе Е.В.Галлиера [14].

Другим широко распространенным процессом, в результате которого формировался замещающий глауконит, является метасоматоз тонкодисперсных глинистых минералов [13]. Особенно интенсивно данный процесс проявляется в готерив-

барремских глинах, содержащих менее 20-30% алевритовой (0,1-0,01мм) примеси и почти лишенных частиц песчаной размерности.

В таких породах почти весь глауконит часто представлен метасоматической разностью, тогда как первичный присутствует в резко подчиненном количестве. Метасоматический глауконит данного типа имеет здесь буровато-зеленую средней и малой интенсивности окраску, преимущественно округлую изометричную или слегка удлиненную форму зерен, микроагрегатную поляризацию. Размеры минерала колеблются от 0,01 до 0,25мм, иногда достигая 0,5мм в поперечнике.

В шлифах легко устанавливается его метасоматическая природа. Во многих зернах видны реликтовые остатки обломочных минералов, содержащихся и во вмещающей глинистой массе породы: зернышки кварца, листочки слюд (рис.10). Интенсивность и оттенок окраски зерен различны. Цвет их постепенно изменяется от желтовато-бурого, почти неотличимого от цвета окружающей глинистой массы, до более темного буровато-зеленого, резко отличного от окраски окружающего глинистого веще-

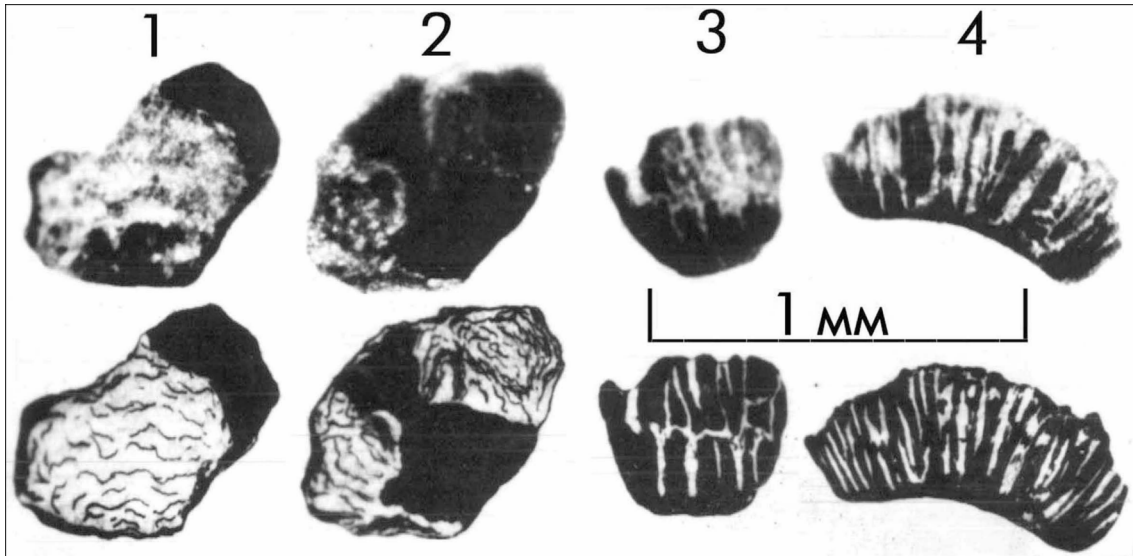


Рис. 9. Стадии преобразования биотита в глауконит (современные осадки бухты Монтерей Калифорнийского залива, по Е.В.Галлиеру, 1935).

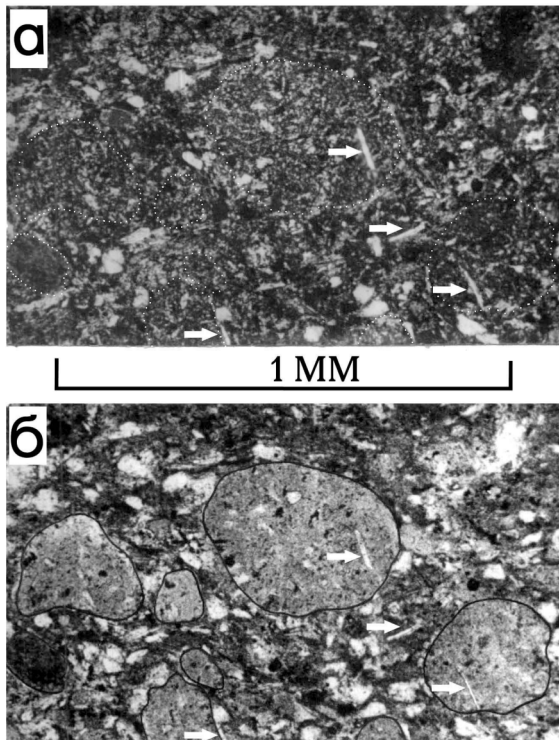


Рис.10. Метасоматический глауконит в шлифе. При параллельных николях («б») зерна глауконита на черно-белой фотографии хорошо заметны благодаря своей окраске, отличной от окраски вмещающего их алевритово-глинистого вещества. При скрещенных николях («а») метасоматический глауконит почти не отличим от общей массы, так как внутри него содержатся включения чешуек слюды и зерна кварца такие же, как и в глинистой массе. В нижнем левом углу кадра видно более темноокрашенное зерно первичного глауконита, в нем нет никаких включений других минералов. Стрелками показаны наиболее крупные и заметные листочки мусковита.

ства. При этом наиболее светлоокрашенные зерна обладают относительно большим количеством включенных в них обломочков терригенных минералов. Чем более интенсивной и зеленой становится окраска зерен глауконита, тем меньше сохраняются в них черты, общие с вмещающей их глинистой массой породы (процесс глауконитизации охватывает более трудно поддающиеся изменению минералы – слюды, кварц и др.).

Изменения, наблюдающиеся в параллельном свете, сопровождаются изменениями, заметными и при скрещенных николях. Так, светлоокрашенные слабо глауконитизированные глинистые комочки в скрещенных николях почти совершенно не отличаются от окружающей их глинистой массы породы. Чем более интенсивной становится их зеленая окраска в параллельном свете, тем зеленее они становятся и при скрещенных николях, постепенно приобретая вид обычных агрегатно-поляризующих зерен глауконита.

Одновременно с изменениями окраски глауконита и степени сохранности, включенных в него терригенных минералов, происходит и изменение показателя преломления глауконита. Уже в шлифе обнаруживается разница в светопреломлении слабо и интенсивно глауконитизированных глинистых комочков. Первые имеют показатель преломления, едва заметно превышающий показатель преломления окружающей глинистой массы породы, тогда как разница между показателями преломления вторых и глинистой массы породы значительно более ощутима. Крайние пределы  $N_{sp}$  для глауконита в иммерсионных препаратах составляют 1,594 (редко до 1,585) и 1,618 (иногда до 1,624). У вмещающей глинистой гидрослюдистой массы  $N_g = 1,582$ ,  $N_p = 1,564$ ,  $N_{sp} = 1,580$ .

В иммерсионных препаратах и под лупой труднее установить принадлежность глауконита к тому или иному генетическому типу, чем в шлифах,



**Рис.11. Метасоматический глауконит, возникший за счет глауконитизации глинистых комочков. Обращает на себя внимание полное отсутствие трещин синерезиса даже у относительно крупных зерен. Искусственный концентрат, отраженный свет.**

так как диаметр зерен минерала (до 0,25мм и даже более) во много превосходит толщину шлифа (0,03мм), вследствие чего внутреннее строение его, как правило, остается не выясненным, не говоря уже о взаимоотношениях глауконита с другими компонентами породы. Однако здесь обнаруживаются весьма существенные различия в форме зерен первичного и метасоматического глауконитов.

Характерной и важной особенностью описываемого метасоматического глауконита является полное отсутствие трещин синерезиса типичных для глауконита первичного (рис.11). Этот признак, правда, не может быть применим для установления генетической принадлежности относительно мелких зерен (менее 0,1мм) по той причине, что глубина трещин синерезиса находится в прямой зависимости от объема зерен глауконита, вследствие чего зерна первичного глауконита малого объема могут совершенно не иметь таких трещин, связанных с сокращением объема при старении и раскристаллизации гелевого комочка. Тем не менее, отсутствие трещин синерезиса у относительно крупных (более 0,1мм) зерен глауконита может указывать на их метасоматическую природу. Очевидно, что в процессе глауконитизации глинистых комочков не происходит сколько-нибудь заметных изменений их объема, тогда как при старении и раскристаллизации гелевых комочков первичного глауконита неизбежно довольно значительное сокращение их объема, в результате чего у такого глауконита и образуются трещины синерезиса (см. рис.1,2,3 и др.).

Подвергающиеся глауконитизации глинистые комочки в данном случае представляют, по видимому, ни что иное, как продукты жизнедеятельности организмов. Глинистые минеральные частицы при прохождении через кишечник животных обогащались органическим веществом, которое способствовало в дальнейшем глауконитизации минерального вещества фекальных шариков. Этим обстоятельством можно объяснить тот факт, что в стадию диагенеза глауконитизации подвергались

именно эти комочки, а не вмещающая их глинистая масса, имеющая тот же минеральный состав, но лишенная такой примеси. Это предположение помимо оптических данных, устанавливаемых с помощью микроскопа и лупы и приведенных выше, подтверждается также и результатами других видов анализов.

В частности, если сравнить химический состав данного метасоматического глауконита с таковым первичных глауконитов, с одной стороны, и составом глинистого вещества того же возраста, с другой, то оказывается, что он имеет промежуточные значения содержаний главнейших компонентов. В таблице 3 приводятся результаты химических анализов первичных и метасоматического (по фекальным шарикам) глауконитов, а также средние значения из 4-х анализов фракций < 0,001мм готерив-барремских пород.

Здесь необходимо учитывать, что в концентрате метасоматического глауконита, подвергнутого анализу, содержались зерна, находящиеся на разных стадиях процесса глауконитизации, поэтому его химический состав соответствует не окончательной стадии данного процесса, а лишь приближается к таковому. С этих позиций легко могут быть объяснены и некоторые особенности состава метасоматического глауконита. В частности, именно тем обстоятельством, что данный глауконит, в целом, является еще не вполне "зрелым", но содержит реликты лишь слабо измененного глинистого вещества, объясняется относительно низкое количество в нем  $Fe_2O_3, K_2O$ , но несколько более высокое, чем в первичных глауконитах, содержание  $Al_2O_3$ .

Об этом же свидетельствуют и результаты рентгеновских анализов. На рис.4 б приводятся дифрактометрические кривые типичного первичного глауконита (44/4208), метасоматического глауконита по фекальным шарикам (23/43 – 1) и фракции < 0,001мм, выделенной из того же образца, что и диагенный глауконит (23/43-2). Дифрактограмма 44/4208 является характерной для нормального достаточно хорошо раскристаллизованного глауконита, ибо все её пики весьма интенсивны, относительно узки и соответствуют наиболее сильным рефлексам глауконита.

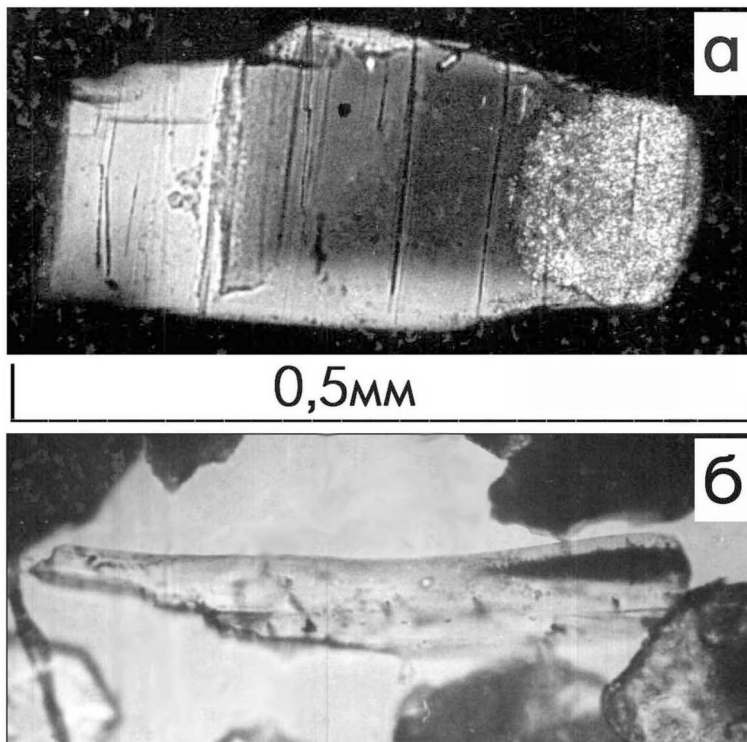
Кривая фракции <0,001мм глинистого вещества соответствует смеси каолинита и диоктаэдрической гидрослюды с незначительной примесью смешанослойного минерала.

Дифрактограмма метасоматического глауконита (23/43 – 1) занимает, как бы, промежуточное положение. Хотя основными на ней являются рефлексы, свойственные глаукониту (как, впрочем, и тонкодисперсной диоктаэдрической гидрослюде) – 3,33; 4,45; 4,99 и 10,0 кХ, все же пики малой интенсивности у 3,56 и 7,1 кХ, обязанные присутствию незначительной примеси каолинита, еще сохраняются. Данное обстоятельство, несомненно, свидетельствует о том, что трансформация глинистых терригенных минералов, послуживших основой для

Таблица 3

## Результаты химических анализов первичных и метасоматического глауконитов

№№ образцов	Материал	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.	Сумма
53а/832	Первичный глауконит	50,64	0,35	9,70	15,89	3,53	3,59	2,78	0,06	5,36	0,14	7,60	99,67
8/40	Первичный глауконит	46,71	0,07	14,51	14,54	2,71	1,68	1,31	1,68	4,33	0,07	13,35	100,96
23/43	Метасоматический глауконит (по фекальным шарикам)	48,58	0,08	15,75	11,74	2,45	2,07	1,84	2,07	3,75	0,10	12,01	100,44
Среднее из 4-х анализов	Глинистое вещество фракции <0,001мм	50,75	0,28	23,0	4,43	2,23	2,24	0,89	не опр.	3,23	0,14	13,45	99,49



**Рис.12.** Взаимоотношения глауконита и дистена. Иммерсионный препарат. В кадре «а» - пластинка дистена при скрещенных николях; глауконит хорошо заметен в правой части кристалла дистена благодаря микроагрегатной поляризации. В кадре «б» - та же пластинка, поставленная на ребро (проходящий свет): видно, как вещество глауконита (черное) «расклинивает» дистен.

формирования метасоматического глауконита, еще не закончилась.

Термограмма данного метасоматического глауконита (рис.4-А, 23), в отличие от термограмм первичных глауконитов, характеризуется наличием четко выраженного экзотермического эффекта выгорания органического вещества, о чем уже говори-

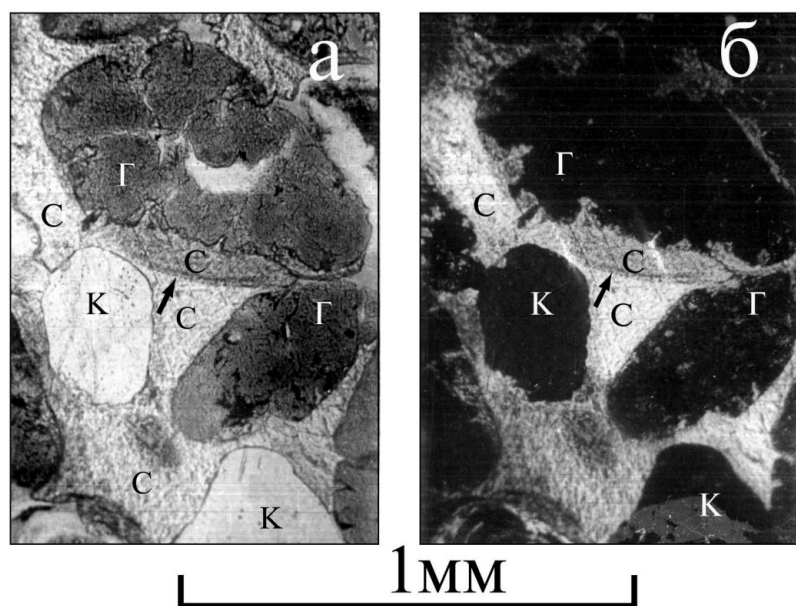
лось выше.

Другие формы нахождения замещающего глауконита имеют несоизмеримо меньшее распространение. К числу последних относятся следующие.

В ряде случаев наблюдались весьма интересные взаимоотношения глауконита с дистеном, на основании которых трудно сказать наверняка, является ли здесь связь генетической или только пространственной (рис.12). Однако показанные на рис.12 взаимоотношения глауконита с дистеном весьма напоминают то, что имеет место в случае преобразования в глауконит биотита (рис.7). Это может служить основанием предполагать и в данном случае, что глауконит образуется по дистену, замещая его.

Глауконит в форме сплошных цилиндрических выделений, соразмерных со спикулами губок и, вероятно, образовавшийся в результате их метасоматического замещения. Такой глауконит наблюдался только в единичных случаях при просмотре концентратов глауконитов. Он имеет светлую желто-зеленую окраску и микроагрегатную поляризацию.

Глауконит в форме неправильных призмочек, соразмерных с такими же кальцитовыми образованиями, представляющими собою дезинтегрированный призматический слой раковин. Данный глауконит, несомненно, возник в результате метасоматического замещения кальцитовых призм. Подтверждением этого может служить наблюдающаяся у отдельных глауконитовых призм псевдоабсорбция, характерная



**Рис.13.** Замещение глауконита пойкилитовым сидеритовым цементом. Былой контур части зерна глауконита, замещенного сидеритом, хорошо виден как в проходящем (а) свете, так и при скрещенных николях (б). В этом же месте (указано стрелкой) заметны спайные швы кристаллического сидерита. Обозначения: Г - глауконит, К - кварц, С - сидерит.

для кальцита, что связано, вероятно, с неполным замещении исходного вещества. Призматический глауконит имеет светлую желтовато-зеленую окраску, но в отличие от цилиндрического обладает не микроагрегатным строением, а высокоупорядоченным (единая оптическая ориентировка для всей призмы). Такого типа глауконит наблюдался в одном образце нижнего волжского яруса, содержащем в своем составе большое количество призматического кальцита органического происхождения.

Глауконит, занимающий все внутреннее пространство кальцитовой раковины фораминиферы. Данный глауконит, имеющий светлую желто-зеленую окраску и микроагрегатное строение, возник в результате замещения глинистого материала, обогащенного органическим веществом.

В готерив-барремских отложениях района Лебединского железорудного месторождения, обогащенных измельченным и обуглившимся растительным детритом, иногда отмечается замещение глауконитом обуглившейся древесины. Метасоматический характер такого замещения не вызывает сомнений. Наблюдались отдельные щепочки обуглившейся древесины, частично замещенные светло-зеленым микроагрегатным глауконитом, который сохраняет форму исходного вещества и содержит в себе реликты еще "непереработанной" древесины в виде отдельных волокон её, имеющих ту же ориентировку, что и в относительно более крупных участках этой же "щепочки", не подвергнутых замещению.

Таким образом, в изученных отложениях вещество замещающего глауконита в своей совершенно подавляющей части возникло в процессе транс-

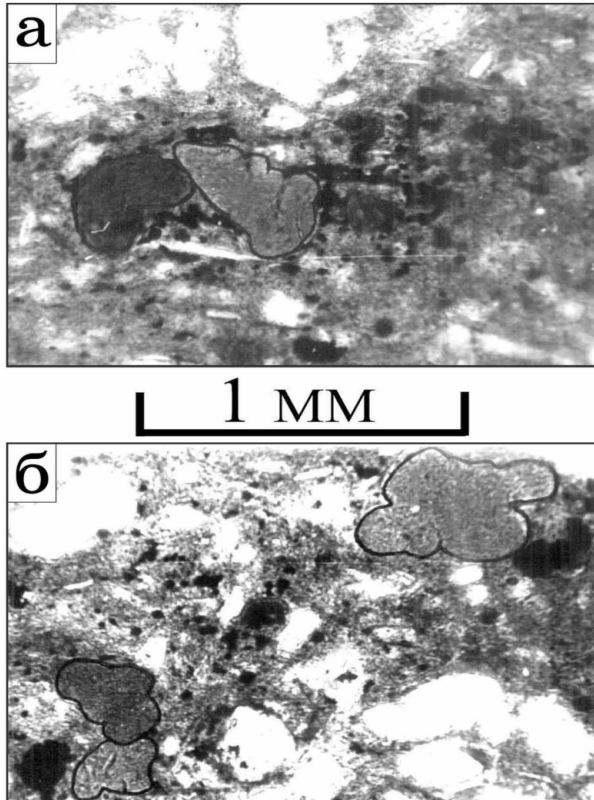
формации материала, содержащего в своем составе многие компоненты глауконита и имеющего структуру кристаллической решетки, близкую к глауконитовой (глинистые тонкодисперсные минералы и крупнообломочные слюды).

Вещества, которые в своем составе практически не имеют главнейших компонентов глауконита, (например кальцит, древесина) или существенно отличаются по кристаллической структуре, а также аморфные (дистен, кремнезем спикулей), хотя иногда и преобразуются в глауконит, однако в общем балансе вещества замещающего глауконита они составляют ничтожную долю. Обращает на себя внимание тот факт, что во многих случаях заметную роль в процессах диагенного глауконитообразования играет органическое вещество (замещение фекальных шариков, материала внутренних полостей

фораминифер, древесины, спикулей губок, призм, составляющих призматический слой раковин). Повидимому, не случайно органическое вещество установлено термографически только в образце глауконита по фекальным шарикам, в отличие от всех первичных в том числе готерив-барремских глауконитов (см. выше и рис.4).

#### О вторичном преобразовании глауконитов

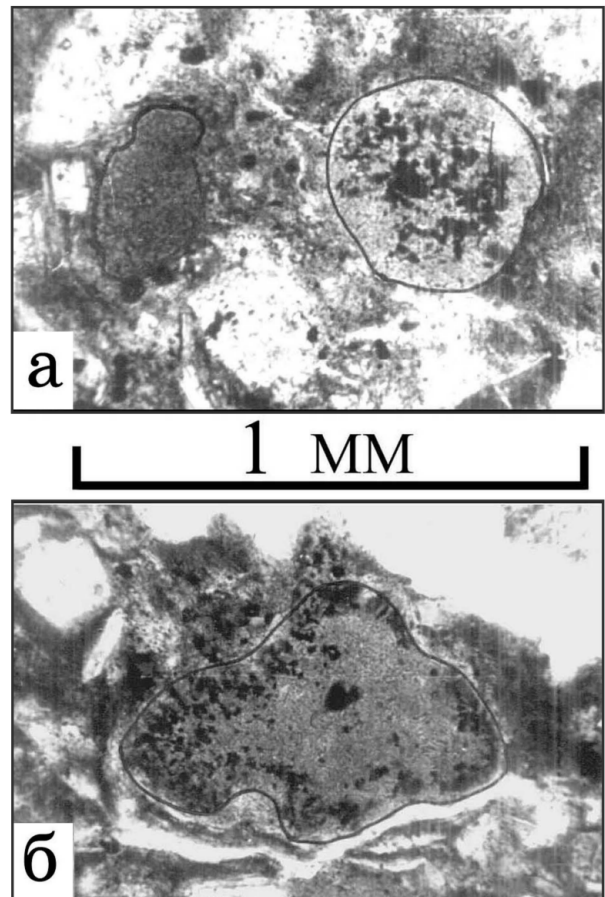
Образованные тем или иным путем зерна глауконита впоследствии могут подвергаться преобразованию. К минералам, замещающим глауконит на стадии диагенеза, относится сидерит, пирит и некоторые другие. Случаи замещения сидеритом первичного глауконита отмечались главным образом в отложениях валанжинского яруса. Они характерны лишь для тех участков песчаников или сидеритовых конкреций, где карбонат железа находится в форме чистых и крупных кристаллов, что соответствует поздним стадиям процесса сидеритизации [9]. В таких случаях отдельные кристаллы сидерита нередко занимают сразу несколько интерстиций между зернами, цемент из беспорядочно-зернистого базального типа в этих участках переходит в пойкилитовый. На рис.13 показано зерно глауконита, "разъедаемое" замещающим его сидеритом. Былой контур части зерна глауконита виден как в проходящем свете, так и при введенном анализаторе. При скрещенных николях, кроме того, хорошо виден характер нового его контакта с сидеритом, а также весьма высокая степень раскристаллизации последнего (пойкилитовый тип цементации, спайные швы).



**Рис.14.** Не затронутый процессом пиритизации первичный глауконит в участках породы, обогащенных пиритом (черные точечные выделения и их скопления). Контуров зерен глауконита обведены тушью. Шлифы. Проходящий свет.

Здесь следует отметить, что сидеритизации подвергается и метасоматический глауконит (в частности глауконит, возникший за счет фекальных шариков). Однако данный факт установлен нами только в одном случае (поскольку среди готеривбарремских отложений, которые содержат такой глауконит, сидериты почти не встречаются).

Пиритизация первичных и метасоматических глауконитов отмечается во многих случаях. Особенно этот процесс развит среди существенно пелитовых образований, наиболее богатых реакционно-способным органическим веществом и сульфидами железа. Пиритизации подвергаются как первичные (реже и слабее), так и метасоматические глаукониты, причем из последних особенно часто и легко - глауконит, возникший из вещества фекальных шариков. Этому, по-видимому, способствует повышенное содержание в них органического вещества. Так, например, нередко можно видеть, что даже в тех участках породы, которые обогащены пиритом, зерна первичного глауконита остаются совершенно не затронутыми процессом пиритизации (рис.14). В то же время метасоматический глауконит по фекальным шарикам оказывается интенсивно пиритизированным даже тогда, когда, во вмещающей его глинистой основной массе породы пирит не образует заметных концентраций. Если в таких случаях здесь же присутствуют зерна первичного глаукони-



**Рис.15.** Пиритизированный метасоматический глауконит. В кадре "а" видно, что относительно более светлоокрашенное зерно метасоматического глауконита содержит в себе множество пиритовых (черное) включений, которые редко рассеяны во вмещающей массе породы и отсутствуют в более темноокрашенном зерне первичного глауконита. Зерна глауконита обведены тушью. В кадре "б" хорошо заметна концентрация пирита в периферийной зоне зерна метасоматического глауконита. Шлифы. Проходящий свет.

та, то они не подвергаются пиритизации, в то время как замещающий глауконит оказывается буквально "изрешеченным" пиритом (рис.15-а). У отдельных (обычно наиболее крупных) зерен метасоматического глауконита особенно интенсивной пиритизации подвергается периферическая зона (рис.15-б). Вероятно, именно эта зона была наиболее обогащена органическим веществом.

Следует подчеркнуть, что замещение первичного глауконита сидеритом и пиритом может происходить только на относительно поздних этапах диагенеза при недостатке кислорода. Следовательно, если часть такого глауконита и образуется в диагенезе, то это может происходить только на раннем окислительном его этапе.

На основе полученных данных глаукониты изученных отложений могут быть классифицированы следующим образом (табл. 4).



**Классификация глауконитов нижеволжско-неокомских  
отложений КМА**

Генетические типы	Морфологические типы	Распространение	Место и время образования.
Первичный (седиментационный)	1. Изометричные и близкие к ним колломорфные выделения (так называемые «почковидный», или «мозговой», или «лапчатый» с трещинами синерезиса, образующие обычно относительно крупные зерна, более 0,1-0,15мм). 2. Изометричные и близкие к ним зерна без трещин синерезиса (размер зерен меньше 0,1-0,15мм).	Очень широко распространены в отложениях всех изученных ярусов; образуют главную массу всего глауконита.	Преимущественно на поверхности осадка (в сингенезе).
Вторичный (метасоматически-замещающий)	1. Пластинчатый и вермикулитовидный типы (возникшие в процессе преобразования мусковита и биотита)	Широко распространены только в верхнеготеривско-нижнебарремских отложениях, среди остальных стратиграфических подразделений встречается спорадически и в очень малом количестве.	Преимущественно в осадке (на ранней стадии диагенеза).
	2. «Фекальный» глауконит. Изометричные зерна чаще с гладкой, но иногда и со скульптурной поверхностью (без трещин синерезиса), образовавшиеся за счет фекальных комочков и их обломков.		
	3. Палочковидный (по спикулям губок) 4. Призматический (по кальциту призматического слоя пеллеципод). 5. Неправильной формы (по древесине, дистену, веществу, заполняющему раковины фораминифер и др.).	Встречаются очень редко.	

### Заключение

Таким образом, на основании данных, полученных в ходе изучения глауконитов нижеволжско-неокомских отложений КМА, могут быть сделаны следующие основные выводы.

1. Все многообразные морфологические разновидности глауконитов принадлежат двум главным генетическим типам: первичному (седиментационному) и вторичному (метасоматическому).

2. Первичный глауконит в основной своей массе образуется на поверхности осадка в стадию сингенеза из гелевых комочков небольших размеров поэтому главным образом представлен «почковидными» зернами с трещинами синерезиса (при обезвоживании мелких комочков размером <0,15-0,1мм трещины практически не возникают). Он может присутствовать также в виде «примазок» на зернах кварца и других терригенных минералов, образующихся из мелких хлопьев глауконитового геля.

3. Вторичный глауконит образуется преимущественно в результате метасоматического замещения глинистых минералов, имеющих близкий с ним химический состав и структуру кристаллической решетки. Он часто возникает также за счет преобразования слюд (биотита и мусковита), а в ряде случаев и других минералов (дистена и др.) вследствие метасоматического замещения отдельных пакетов их кристаллической структуры или целых зерен. Важно отметить при этом, что благоприятным фак-

тором (катализатором процесса преобразования) является присутствие в осадке органического вещества. Наиболее легко подвергаются глауконитизации глинистые пелетты, являющиеся скорее всего экскрементами организмов.

4. Вторичные преобразования глауконита заключаются главным образом в его замещении другими минералами в осадке на поздних этапах диагенеза, а также в процессе его механического разрушения и химического разложения при переотложении. Основным признаком переотложенного глауконита является его окатанность. Окисление с образованием гидроокислов железа отмечается весьма редко и не является характерным для изученных глауконитов.

5. Многообразные морфологические разновидности глауконитов представляют собой конкретные формы проявления разных генетических типов этого минерала. Геохимические, гидродинамические (и другие) обстановки образования и распространение морфологических разновидностей глауконита, поэтому не могут быть правильно поняты без учета их генетической принадлежности, поскольку формирование их происходит разными способами и в существенно отличающихся условиях, отвечающих определенным стадиям седименто- и литогенеза. Генетический подход, несомненно, способствует более правильной и целенаправленной интерпретации данных, относящихся к глаукониту. Именно благодаря такому подходу нам удалось получить

один из очень важных критериев для расчленения и корреляции нижневолжско-неокомских отложений территории КМА.

В этой связи нам думается, что составление классификаций конкретных глауконитов, аналогичных приведенной выше, является весьма полезным, так как они в будущем смогут послужить основой для создания общей полной морфолого-генетической классификации глауконитов вообще, которая до сего времени, несмотря на очень большое количество работ, посвященных этому минералу, пока все еще отсутствует.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рухин Л.Б. Окаменение осадочных отложений // Вестн. Ленингр. ун-та. -1953. -№7. -С.127.
2. Рухин Л.Б. Преобразование осадков и осадочных пород (окаменение) // Справочное руководство по петрографии осадочных пород. -Т.1. -М., 1958. -С.62-79.
3. Рухин Л.Б. Основы литологии. -Л., 1969. -704с.
4. Жабин А.В. Некоторые проблемы глауконитообразования (на примере осадочных отложений Воронежской антеклизы) // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. -2000. -№ 3(9). -С.78-81.
5. Фролов В.Т. Литология. Кн.1. -М., 1992. -336с.
6. Горбунова Г.П. Глаукониты юрских и нижнемеловых отложений центральной части Русской платформы // Тр.ИГН АН СССР. -1950. -Вып. 114. -С.148.
7. Николаева И.В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях. -Новосибирск, 1977. -321с.
8. Odin G.S., Matter O. De glauconiarum origine // Sedimentology. -1981. -V.28. -P.611-641.
9. Коваль С.А. О некоторых особенностях формирования сидеритовых конкреций валанжинских отложений КМА // Сб. научн. тр. аспирантов ВГУ. -Вып. 4. -Воронеж, 1968. -С.283.
10. Коваль С.А. К вопросу о связи химического состава глауконитов с условиями их образования // Литогенез в докембрии и фанерозе Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1975. -С.169.
11. Коваль С.А. Литология и фации нижневолжско-неокомских отложений территории КМА: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. -Воронеж, 1966. -25с.
12. Гурова Т.И. О глауконитовых формациях третичных и верхнемеловых отложений юго-восточной части Западно-Сибирской низменности // Материалы по геологии, гидрогеологии, геофизике и полезным ископаемым Зап. Сибири: Тр. СНИИГТИМС. Вып. I. -Л., 1959. -С. 246.
13. Коваль С.А. О метасоматическом глауконите в отложениях готеривского яруса КМА // Сб. научн. тр. аспирантов ВГУ. -Вып. 3. -Воронеж, 1966. -С. 271.
14. Galliher E.W. Glaukonite genesis // Bull. Geol. Soc. Amer. -1935. -V.46. -№9. -P.81.

УДК 550.42:546.661 (470.32)

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЕВРОПИЯ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ ФАНЕРОЗОЯ И МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ ДОКЕМБРИЯ (НА ПРИМЕРЕ ВКМ)

В.А.Шатров, В.И.Сиротин, Г.В.Войцеховский

Воронежский государственный университет

В статье рассматриваются причины высокого содержания европия в различных породах фанерозоя и докембрия: 1) пространственное расположение осадочных комплексов в пределах зон повышенной проницаемости коры, что обеспечивает флюидный массоперенос комплексных соединений европия; 2) геохимическое сродство европия с железом; 3) перераспределение вещества в диагенезе при изменении окислительно-восстановительных условий среды осадкообразования.

Редкоземельные элементы (REE) слабо фракционируют в магматических, метаморфических и осадочных процессах, что позволяет рассматривать их как индикаторы условий образования пород. Лантаноиды, как правило трехвалентны, за исключением церия и европия, последний легко восстанавливается до двухвалентного Eu в специфических, прежде всего, в высокотемпературных условиях [1]. Благодаря способности существовать в двух степенях окисления европий очень подвижен в эндогенных и экзогенных процессах, имеет геохимическое сродство с железом [2,3], является составной частью высокотемпературных глубинных флюидов и гидротермальных растворов [2,4-7]. Поведение европия в осадочном процессе по отношению к другим лан-

таноидам аномально, изменяется на временном интервале от архея до неогена [8]. Главная причина различного поведения европия (как и других редкоземельных элементов) обусловлена разницей в валентности и ионных радиусах двух- и трехвалентного Eu. Располагаясь в середине ряда редких земель, европий быстрее восстанавливается, чем соседние лантаноиды, что приводит к увеличению его радиуса и позволяет занимать двухвалентному иону Eu различное положение в кристаллической решетке других минералов, недоступное для меньших по размеру трехвалентных ионов других редких земель [9].

Почти все постархейские осадочные породы обеднены европием, среднее отношение  $Eu/Eu^* =$