

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ПРИ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ

Н.Н.Зинчук

Западно-Якутский научный центр АН РС (Я),  
г. Мирный

*Проанализировано поведение глинистых минералов осадочных формаций на различных стадиях седиментогенеза, диагенеза, катагенеза и метагенеза. Показано, что каждая из выделенных в земной коре зон характеризуется различными сочетаниями глинистых минералов и степенью постседиментационного преобразования пород. Описаны глинистые минералы и их ассоциации в терригенных, терригенно-карбонатных, карбонатных, вулканогенных и галогенных формациях. Детально рассмотрены глинистые минералы ранних стадий седименто- и диагенеза (частично катагенеза), с которыми связано большинство древних (позднепалеозойских и мезозойских) алмазонасных россыпей.*

*Ключевые слова: глинистые минералы, осадочные формации, седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез отложений.*

Накапливающиеся в отложениях различных осадочных формаций глинистые минералы с учётом их изменения и новообразования на разных этапах осадочного процесса характеризуются специфическими химико-минералогическими и морфолого-генетическими особенностями. Содержание аллотигенных глинистых минералов в отложениях осадочных формаций обычно фоновое. Поэтому для формационного анализа типоморфное значение имеют и аутигенные глинистые минералы, природа которых определяется гидрогеохимическим характером и термобарическими параметрами среды минералообразования. При геологической интерпретации данных изучения глинистых минералов должно, по нашему мнению, учитываться подразделение осадочного чехла земной коры на четыре (сверху вниз) зоны [8–10, 12, 13, 16, 17], соответствующие стадиям диагенеза (ДГ) – протокатагенеза (ПК<sub>1-3</sub>), ранним подстадиям стадии мезокатагенеза (МК<sub>1-2</sub>), поздним подстадиям этой же стадии (МК<sub>3-5</sub>) – апокатагенеза (АК<sub>1-4</sub>)

и метагенеза (МГ). При этом стадия ПК и подстадии МК<sub>1-2</sub> вместе со стадией ДГ относятся к раннему, а подстадии МК<sub>3-5</sub> и стадия АК – к позднему катагенезу. Три верхние зоны включают собственно осадки и осадочные породы, четвёртая – их метаморфические аналоги. Каждая зона отличается различной степенью постседиментационного преобразования отложений, в том числе содержащихся в них глинистых минералов. Постседиментационные изменения отложений на фоне общей тенденции последовательной интенсификации их под действием термобарических параметров среды, варьирующих в зависимости от гидрогеохимических условий осадконакопления, в главнейших литологических формациях (терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной, вулканогенной, галогенной) специфичны [10, 11, 16–21]. Важнейшей предпосылкой объективного использования результатов изучения глинистых минералов в осадочном чехле (в частности в отложениях тех или иных осадочных формаций)

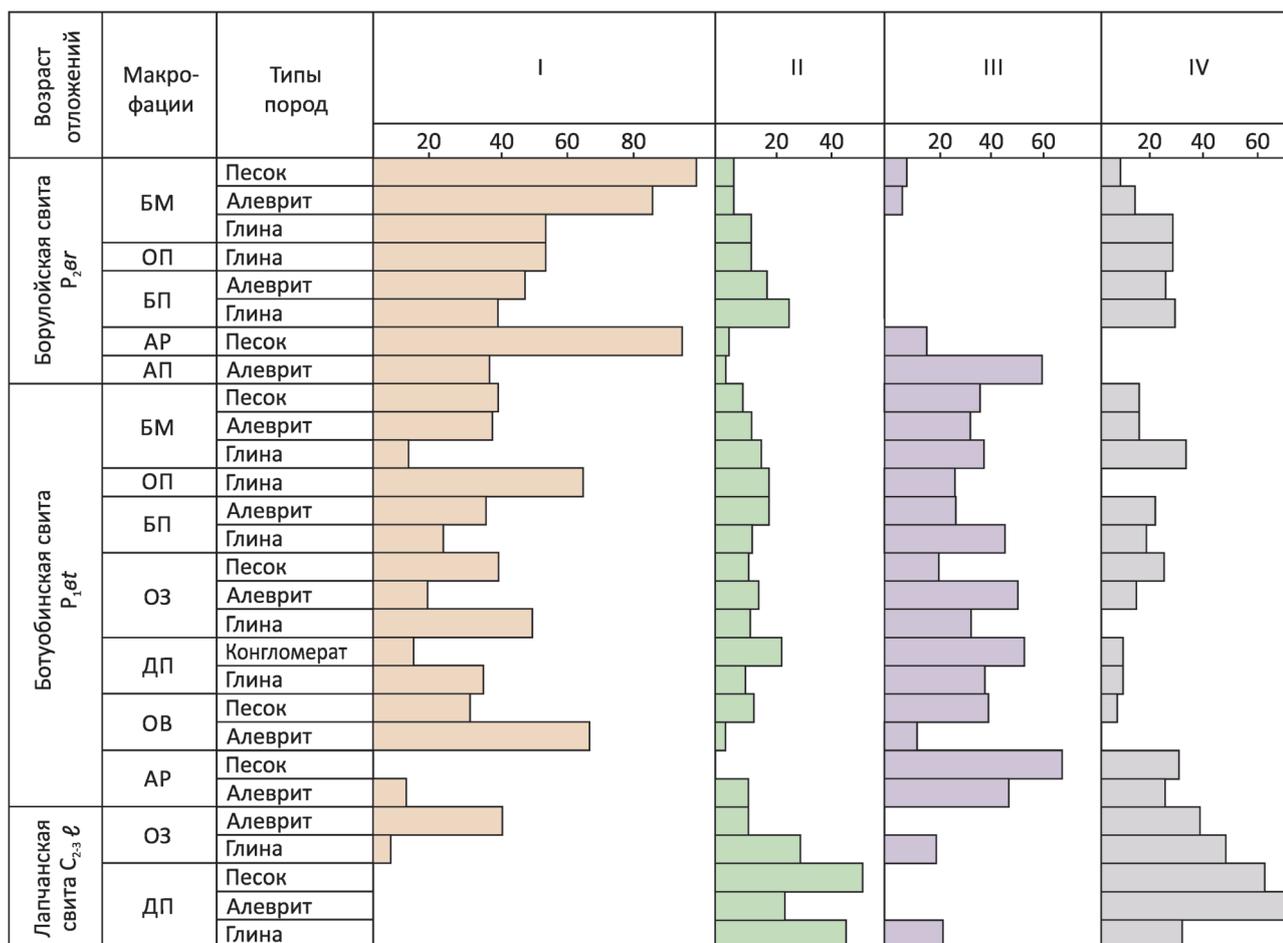
является не только рассмотрение палеотектонических и палеоклиматических факторов, определяющих закономерности накопления отложений [1, 3–5, 7], но и исследование достаточно мощных характерных для каждой формации толщ с необходимой статистикой количества изучаемых объектов, включая дублирующее число образцов в отдельных частях конкретных разрезов.

*Отложения терригенной формации* (или терригенных формаций) наиболее широко распространены в осадочном чехле земной коры. Наличие в верхней части чехла слагающих определённый регион легко размокающих в воде глинистых отложений, а также способных к аналогичной дезинтеграции их песчано-алевритовых разностей указывает на то, что они претерпели изменения, соответствующие лишь диа- и начальным этапам раннего катагенеза, т.е. относятся к зоне I осадочного чехла. Отмеченная особенность чётко согласуется с присутствием в отложениях практически неизменённых разновидностей смектита и монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований, содержащих >40% разбухающих слоев, с которыми неупорядоченно чередуются подчинённые неразбухающие [2, 6, 7]. Одновременно с этим для слюдистых минералов данной зоны характерны псевдоизометричнопластинчатая форма частиц и отсутствие различий в их морфологии как в глинистых, так и в песчано-алевритовых отложениях, что свидетельствует об их аллотигенном происхождении [11, 14, 15].

Анализ ассоциаций глинистых минералов из соответствующих зоне I отложений позволяет оценивать климатические условия в предшествующие размыву источников сноса этапы геологического развития. Так, существенное содержание в накапливавшихся мощных толщах терригенных отложений каолинита говорит о размыве достаточно зрелых кор выветривания [3, 15], что при моно- и олигомиктовом типах обломочного материала указывает на накопление продуктов, связанных с размывом кор выветривания (KB), в пресных водоёмах или в эпиконтинентальных морях на пассивных континентах Мирового океана (одна из основных закономерностей формирования отложений платформенной субформации терригенной форма-

ции). В случае размыва KB, сформированных на первично-слюдистых породах, содержащих в основном более устойчивую, чем 1M, гидрослюду политипной модификации 2M<sub>1</sub>, последняя, наряду с каолинитом, также является характерным типоморфным минералом отложений платформенной субформации [2, 6]. Присутствие в отложениях субформации только диоктаэдрических глинистых минералов – признак накопления терригенно-аллотигенного материала в пресноводных условиях [14]. Наличие же в рассматриваемых отложениях хлорита как слоистого минерала наиболее ранней генерации, связанного в глинистых разностях с аградационной трансформацией монтмориллонита, а в песчано-алевритовых с развитием в них крустификационного цемента, подчёркивает их приуроченность к морским бассейнам [7]. Соответственно, преобладание в полимиктовых отложениях гидрослюды 1M и монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований свидетельствует о размыве активных окраин континентов и накоплении отложений геосинклинальной субформации терригенной формации. В данном случае сохранность хлорита в полимиктовых отложениях может быть результатом переотложения слабо изменённых гипергенными процессами Fe-Mg-разностей изверженных и метаморфических пород. В ходе постседиментационного преобразования отложений терригенной формации глинистые минералы в соответствии с литолого-фациальным типом накапливавшихся осадков подвергаются аградационной трансформации. Эти изменения по масштабу отражают степень погружения содержащих глинистые минералы отложений в зоны всё более высоких давлений, и особенно температур, а течение процессов зависит от гидрогеохимического характера среды [2].

Особенно наглядно это наблюдается в терригенных образованиях древних потенциально алмазоносных толщ основных алмазоносных районов Сибирской платформы. Так, главнейшими образованиями позднего палеозоя Малоботубинского алмазоносного района, в формировании которых существенную роль сыграли позднедевонские – раннекаменноугольные KB, являются породы лапчанской (C<sub>2-3</sub>l), ботубинской (P<sub>1</sub>bt) и борулойской (P<sub>2</sub>br) свит. В ниж-



Среднее содержание глинистых минералов во фракции <math><0,001\text{ mm}</math> из пород различных макрофаций позднепалеозойского возраста, %:

макрофации: АР – русловых отложений, АП – пойменных отложений, ПК – пролювиальных отложений, ОВ – озёрных отложений речных преимущественно аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин, ОЗ – растающих слабо заболачивающихся озёр и заиляющихся торфяных болот речных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских равнин, БП – заливно-лагунного прибрежного мелководья бассейна, БМ – открытого подвижного мелководья бассейна, ОП – озёрно-пролювиальных отложений, ДП – делювиально-пролювиальных отложений; глинистые минералы: I – монтмориллонит и смешанослойные образования, II – гидрослюда, III – каолинит, IV – хлорит

них горизонтах лапчанской свиты, непосредственно залегающих на КВ терригенно-карбонатных пород, отмечены (рисунок) максимальные концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюды 2M<sub>1</sub>. Однако иногда здесь диоктаэдрическая гидрослюда почти полностью исчезает. Глинистой составляющей пород свойственна повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, по структурно-морфологическим особенностям близкого к установленному нами [2, 5, 6] в КВ терригенно-карбонатных пород. Содержа-

ние и состав грубообломочного материала, а также минеральные парагенезисы лёгкой, тяжёлой и глинистой фракций позволяют считать, что в период формирования осадков лапчанской свиты в них преобладали продукты перетложения КВ терригенно-карбонатных пород раннего палеозоя и кластические образования среднего палеозоя. Значительно меньшую роль играли выветрелые породы основного и ультраосновного составов [2, 6]. Судя по особенностям концентрации глинистых минералов, про-

слеживается неравномерная обогащённость образований свиты продуктами переотложения КВ терригенно-карбонатных пород. К нижним частям разрезов свиты (как в ботубобинской и борулойской) и её базальным горизонтам обычно приурочены максимальные отношения интенсивностей рефлексов  $J(10\text{Å}):J(5\text{Å})$  слюдистых минералов, что также свидетельствует о повышенной концентрации здесь более выветрелого (зрелого) материала.

В отличие от лапчанской свиты в нижних горизонтах ботубобинской увеличивается (см. рисунок) концентрация монтмориллонита, неупорядоченных монтмориллонит-гидрослюдистых и вермикулит-монтмориллонитовых смешанослойных образований, что говорит о возрастании роли продуктов выветривания основного и ультраосновного составов и снижении влияния терригенно-карбонатных пород. На это указывают сравнительно меньшие концентрации диоктаэдрической гидрослюды  $2M_1$  и каолинита с относительно упорядоченной структурой. Нередко отмечается достаточно высокая концентрация каолинита по всему разрезу свиты в связи с поступлением его из КВ на породах трапповой формации (в частности туфогенных образований). В глинистой составляющей из пород борулойской свиты преобладают (см. рисунок) монтмориллонит и неупорядоченные монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования, а в проницаемых породах (песчаниках и алевролитах) – пойменных и озёрно-болотных фаций и каолинит. Соответственно, уменьшается содержание гидрослюды и хлорита. Анализ минерального состава пород свиты позволяет сделать вывод о большом влиянии в период её формирования продуктов выветривания основных пород среднепалеозойского возраста и о подчинённой роли терригенно-карбонатных пород раннего палеозоя, которые к тому времени в значительной степени были перекрыты отложениями лапчанской и ботубобинской свит.

Что касается верхнепалеозойских осадочных толщ, обогащённых переотложенными элювиальными продуктами, интенсивное средне-позднетриасовое выветривание терригенно-карбонатных пород раннего палеозоя, долеритов, агломератовых туфов трубок взрыва и туфоген-

ных образований корвунчанской свиты ( $T_1$ ) и их последующий размыв привели к формированию континентальных и прибрежно-морских осадочных толщ, среди которых выделяются [2, 6, 7]: иреляхская ( $T_3-J_1ir$ ) и укугутская ( $J_1uk$ ) свиты, плинсбахский ( $J_1p$ ) и тоарский ( $J_1t$ ) ярусы. Глинистая составляющая из всех типов пород иреляхской и укугутской свит Малоботубобинского алмазоносного района имеет полиминеральный состав (в основном аллотигенные разновидности монтмориллонита, гидрослюды, каолинита, метагаллуазита и хлорита, небольшая примесь вермикулита, серпентина, неупорядоченных диоктаэдрического монтмориллонит-гидрослюдистого и триоктаэдрического вермикулит-монтмориллонитового смешанослойных образований). Довольно изменчивое распределение перечисленных минералов обусловлено особенностями осадконакопления, в том числе путями поступления в бассейны седиментации продуктов размыва.

Мезозойское осадконакопление в Малоботубобинском районе контролировалось двумя структурно-формационными зонами [2, 7]: в юго-восточной части в приосевой зоне Ангаро-Вилуйского мезозойского прогиба (низменная аллювиальная равнина) и в северо-западном его борту (в пределах траппового плато, где существовали денудационная и денудационно-аккумулятивная равнины с накоплением преимущественно местного материала). По составу породообразующих компонентов большая часть пород иреляхской свиты относится к полевошпат-кварцевым и мезомиктовым кварцевым разновидностям кварцевой группы, а также граувакковым, кварцевым или полевошпат-кварцевым грауваккам; переменное количество пелитовой составляющей (фракции  $<0,01$  мм) отмечено во всех образцах (цемент в основном базального и плёночного типов), однако чисто глинистые породы довольно редки и тяготеют к центральной части района. Такие глинистые породы иногда переполнены углистой органикой и насыщены гидроксидами. Главными поставщиками глинистых минералов в бассейны седиментации иреляхского времени служили широко распространённые в районе и на смежных территориях в различной степени выветрелые породы раннего палеозоя и трапп-

повой формации. Исходя из состава глинистых минералов, здесь встречены продукты размыва терригенно-карбонатных пород, долеритов, туфогенных образований, кимберлитов, причём они развиты преимущественно в базальных горизонтах и низах иреляхской свиты центральной и северной частей района.

Продукты KB уверенно идентифицируются по постоянному присутствию каолинита, диоктаэдрической гидрослюдой  $2M_1$  и неупорядоченного монтмориллонит-гидрослюдистого смешанослойного образования. Их максимальные концентрации (до 95% пелитовой составляющей) выявлены в отложениях, перекрывающих KB. Доминирует каолинит с моноклинной элементарной ячейкой. Среди данного структурного типа есть индивиды с различной степенью совершенства структуры. В большинстве изученных нами образцов иреляхской свиты центральной части района превалирует каолинит с не совсем строгим периодом  $c$ ; иногда он имеет более совершенную структуру и элементарную ячейку, приближающуюся по форме к триклинно-моноклинной. Каолинит представлен обломками псевдогексагональных кристаллов, что обычно свойственно [2–6] его аллотигенной разновидности. Различная структурная упорядоченность минерала связана с размывом разных горизонтов элювия терригенно-карбонатных пород. Каолинит с очень плохой упорядоченностью, ассоциирующий с метагаллузитом, мог поступать в бассейны также за счёт размыва продуктов выветривания основных пород (особенно туфов и туфогенных образований).

Гидрослюда в роли главного компонента глинистой составляющей иреляхских отложений обнаружена в центральной части Малоботубинского района в поле распространения элювия терригенно-карбонатных пород. В них присутствует гидрослюда  $2M_1$  с примесью  $1M$  (последняя фаза часто ассоциирует с монтмориллонит-гидрослюдистым смешанослойным образованием). Переменные соотношения фаз обусловлены размывом различных горизонтов KB. Наиболее зрелый выветрелый материал обычно концентрируется в нижних частях разреза, на что указывают значения отношения интенсивностей основных базальных отражений диоктаэдрической гидрослюдой. Много продуктов

выветривания в иреляхских отложениях отмечено и в пределах траппового плато (северная часть рассматриваемого района). Пелитовая составляющая из пород описываемой толщи представлена здесь каолинитом и диоктаэдрической гидрослюдой  $2M_1$  с примесью других глинистых минералов (размыв KB терригенно-карбонатных пород) или (преимущественно) в базальных горизонтах – монтмориллонитом, ассоциирующим с неупорядоченными смешанослойными образованиями иногда с существенной примесью метагаллузита (размыв выветрелых пород трапповой формации, о чём свидетельствуют составы лёгкой и тяжёлой фракций). Иреляхским отложениям, развитым вдоль северо-западного борта Ангаро-Вилуйского прогиба, свойственны неравномерные концентрации выветрелого материала кимберлитовых пород, перенесённого на различные расстояния. Последнее обосновывается наличием [2, 6, 7] в иреляхских отложениях вторичных минералов кимберлитов – Fe-Mg- и Mg-хлорита, серпентина, вермикулита.

Породы укугутской свиты в целом слабо обогащены продуктами выветривания. Только в локальных депрессиях северо-западной части Малоботубинского района в случае непосредственного залегания свиты на элювии терригенно-карбонатных пород или траппов в нижних горизонтах возрастает концентрация аллотигенных глинистых минералов. Судя по составу глинистых минералов в отложениях свиты (преобладание монтмориллонита и смешанослойных образований), здесь доминируют продукты выветривания пород трапповой формации и менее развит материал изменённых терригенно-карбонатных пород раннего палеозоя.

Для отложения плинсбахского яруса также характерна сравнительно небольшая концентрация продуктов выветривания, что подтверждается составом грубообломочного материала и особенностями более мелкозернистых разновидностей пород [2]. Алевролиты нередко переслаиваются с песчаными породами, образуя алевро-песчаный ритмолит. В глинистой составляющей доминируют монтмориллонит и монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования с примесью гидрослюдой и хлорита. Наибольшее содержание выветрелого ма-

териала отмечается в базальных слоях локальных участков вокруг древних островов, береговых валов и береговой линии вдоль северо-западного борта Ангаро-Вилюйского прогиба, где слагающие борт выветрелые терригенно-карбонатные породы раннего палеозоя подвергались значительной абразии. В местах обнажений источников алмазов происходил их размыв, о чём свидетельствует наличие индикаторных минералов кимберлитов и алмазов в базальных горизонтах яруса.

В тоарское время на территории Ангаро-Вилюйского прогиба существовал морской бассейн. В его отложениях выделены [2] фации сильноподвижного мелководья (отложения центральной части подводной дельты) и удалённых от побережья частей. Даже возвышенные участки северо-западного борта прогиба, сложенные траппами, являлись сублиторалью тоарского моря. Тоарские отложения формировались преимущественно в неглубокой части моря. Материал КВ сюда поступать не мог, поскольку к этому времени практически на всей площади района элювиальные толщи и отложения были уже перекрыты плинсбахскими образованиями, и поэтому составы глинистой составляющей двух прибрежно-морских ярусов довольно близки. Условия формирования тоарских отложений, неблагоприятные для переотложения продуктов древних КВ, исключили возможность образования здесь россыпей алмазов. В тоарское время все источники алмазов данного района были также перекрыты более ранними нижнеюрскими осадками (иреляхская и укугутская свиты, плинсбахский ярус).

Сравнительно небольшое повышение термобарических параметров среды в переходной зоне II обуславливает, соответственно, слабое аградационно-трансформационное преобразование разбухающих минералов в глинистых и песчано-алевритовых отложениях. Выделение зоны на основе данных изучения глинистых минералов представляет значительные трудности. Поэтому её характерным признаком является развитие в песчано-алевритовых отложениях определённых разновидностей аутигенных глинистых минералов. Так, в пресноводных отложениях платформенной субформации на ранних этапах мезокатагенеза в проницаемых по-

родах образуется вторичный каолинитовый цемент, обладающий в отличие от поступающего из КВ каолинита, высокой степенью идиоморфизма частиц. В свою очередь, присутствие в аналогичных породах тонких удлинённых пластинок (т.е. удлинённо-чешуйчатого монтмориллонита) свидетельствует о морских условиях осадконакопления и унаследовании их на последующих стадиях постседиментационного преобразования осадков и сформировавшихся из них пород [16–19]. В структурном отношении эта фаза представляет монтмориллонит-гидрослюдистое смешанослойное образование, содержащее >40% разбухающих слоёв. Наличие в породах подобного цемента, в отличие от бертьеринового, хлоритового и каолинитового, свойственно только поздним этапам подстадий МК<sub>1-2</sub>, на что указывает его закономерная локализация во внутренней части порового пространства, т.е. после развития крустификационного бертьеринового или хлоритового цемента. Такая последовательность появления в породах песчано-алевритовых пород цемента в виде удлинённо-чешуйчатого монтмориллонита позволяет использовать его как один из важных типоморфных признаков для выделения раннекатагенетической стадии постседиментационного преобразования отложений морского типа и приуроченности их к зоне II осадочного чехла земной коры.

Снижение в структуре монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований содержания разбухающих слоев до <40% в аргиллитах и цементе сильно сцементированных песчано-алевритовых пород – признак [13, 14] соответствия описываемой части разреза зоне III осадочного чехла земной коры. В аргиллитах глинистые минералы (в том числе со слюдяным типом структуры) представлены в зоне аналогично вышележащим частям разреза исключительно псевдоизометрическими пластинками, т.е. имеют аллотигенный генезис. Свойственную глинистым отложениям осадочного чехла и песчано-алевритовым их разновидностям в зоне I гидрослюда следует рассматривать как фоновый минерал. Поэтому по морфолого-генетической природе данная разновидность гидрослюда не может быть использована с достаточной объективностью для подразделения

собственно осадочного чехла на упомянутые выше зоны. В зоне III одновременно с резким уменьшением содержания разбухающих слоёв в структуре монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований, сопровождающимся адсорбцией ряда минералообразующих катионов (и в первую очередь K), происходит последовательное увеличение размеров псевдоизометрических пластинок гидрослюды, обусловленное процессами их частичной рекристаллизации. В то же время, наличие в цементе песчано-алевритовых пород морского генезиса удлинённо-пластинчатой гидрослюды, наряду со снижением количества разбухающих слоёв в структуре ассоциирующих с ней монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований до <40%, также является одним из важнейших критериев зоны III, в которой степень постседиментационного преобразования отложений и содержащихся в них минералов соответствует в отличие от двух верхних зон позднему катагенезу.

Характерная особенность смешанослойных образований на рентген-дифрактометрических кривых – межплоскостное расстояние основного рефлекса фазы, равное  $\sim 10\text{--}10,1\text{Å}$ . В зоне III чётко различается профиль основного рефлекса рассматриваемой фазы в зависимости от её генетической природы. Так, основной рефлекс монтмориллонит-гидрослюдистого смешанослойного образования со значением  $\sim 10\text{Å}$ , связанного с деградацией триоктаэдрических слюд и диоктаэдризацией остаточных продуктов, характеризуется на дифрактограммах плавным снижением его интенсивности в сторону меньших углов  $\Theta$ . Это вызвано тем, что при деградации первичных слюд свойственные им микроблоки наиболее интенсивно изменяются по периферии. Центральные части микроблоков изменяются в меньшей степени, вплоть до сохранения фрагментов исходной слюды, что определяет присутствие на дифрактометрических кривых таких фаз чётко выраженного  $10\text{Å}$  рефлекса с резким спадом интенсивности его в сторону увеличения углов  $\Theta$ . Это указывает на гетерогенность продуктов первичной деградации слюд, частично сохраняющейся, несмотря на интенсивно развивающиеся в зоне III осадочного чехла аградационные процессы. И наоборот,

аналогичного типа смешанослойная фаза (результат аградации собственно монтмориллонита из продуктов выветривания бесслюдистых изверженных пород [10, 17–20]), отличается симметрией основного рефлекса. Такой профиль отражения обусловлен однородной открытостью в структуре исходного монтмориллонита всех межслоевых промежутков, вследствие чего монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные образования, возникающие при аградации монтмориллонита, с учётом некоторого различия заряда отдельных слоёв в структуре последнего следует рассматривать как относительно гомогенные структуры.

Необходимо иметь в виду, что каолинит – типоморфный минерал для зоны I отложений терригенной формации – в нижних частях осадочного чехла земной коры, а именно начиная с ранних этапов стадии АК, становится неустойчивым. Хотя мелкие пластинки удлинённо-чешуйчатого монтмориллонита, свойственного зоне II, при трансформационной аградации его в зоне III в удлинённо-пластинчатую гидрослюду испытывают существенную регенерацию, последние даже в наиболее древних и испытанных максимальные погружения отложениях не получают кристаллографически полноценной огранки на концах, типа серошпатокиста [12]. Отсюда следует, что одной из важнейших особенностей накопления и постседиментационного преобразования отложений терригенной формации является относительно невысокая минерализация водной среды (с повсеместным дефицитом K), которая способствует сохранению в них каолинита, вплоть до зоны апокатагенеза и метагенеза при накоплении его соответственно в нормально-морских бассейнах или пресных водоемах.

Выяснение особенностей глинистых минералов в *отложениях терригенно-карбонатной и карбонатной формаций* – менее сложная задача, поскольку они локализуются либо в виде относительно тонких прослоев, чётко выделяющихся в мощных толщах карбонатных пород, либо в существенно обогащённых карбонатным материалом отложениях карбонатного типа. Требуется учитывать более интенсивную аградацию диоктаэдрических разбухающих минералов при геологической интерпретации резуль-

татов их изучения, чтобы не завышать степень катагенетического изменения содержащих их отложений. Исследования глинистых минералов в собственно терригенных прослоях отложений формаций следует проводить, как показали ранее другие исследователи [18–21] для пластов хлорит-сапонитов, не только в средних их частях, но и периферийных участках. Так можно путём сравнительного анализа оценить влияние карбонатной среды в краевых частях терригенных прослоев на степень аградации материала в различных диа-, метагенетических зонах осадочно-го чехла земной коры.

При исследованиях глинистые минералы в отложениях всех формаций необходимо обрабатывать на холоде 2%-ным раствором HCl для разложения карбонатов. Но следует учитывать изменение обменного комплекса как ди-, так и триоктаэдрических смектитов. Помимо аллотигенных глинистых минералов, приуроченных к терригенно-осадочным прослоям, большое значение в разрезах отложений формаций (особенно в собственно карбонатной) имеет устойчивость в зоне I осадочного чехла слоисто-цепочечных Mg-силикатов. Для выявления их в реальных разрезах нужно тщательно исследовать в подошве карбонатных толщ переходные зоны между терригенными и соответствующими карбонатными породами. Важность такой методологии исследования пограничных отложений между карбонатными толщами и терригенными прослоями определяется преобразованием в зоне II слоисто-цепочечных минералов в смектиты, которые в зоне III трансформируются в тальк- и хлорит-сапониты. Будучи специфическими минералами, они во многом способствуют не только реконструкции палеогеографических условий седиментогенеза, но и имеют большое значение в решении ряда вопросов нефтегазовой геологии [2, 11, 20]. В отличие от отложений терригенной формации основная особенность накопления и постседиментационного преобразования осадков терригенно-карбонатной и карбонатной формаций – общая повышенная гидрогеохимическая минерализация среды. Поэтому последний фактор следует рассматривать как важный типоморфный признак седиментогенеза данных формаций.

Присутствие в осадочном чехле земной коры мощных толщ Na- и чаще всего Ca-монтмориллонитовых глин в ряде случаев в ассоциации с цеолитами свидетельствует о принадлежности отложений к *вулканогенной формации*. Если в отложениях терригенно-карбонатной и карбонатной формаций на относительно более высокую интенсивность аградационно-трансформационных процессов влияет гидрогеохимический характер среды их накопления, то особенности отложений вулканогенной формации в ещё большей степени, чем при накоплении отложений терригенной формации, определяются природой исходного материала. Показательны туфогенные образования основных алмазонных районов Сибирской платформы, которые представлены трубочными телами и вулканогенно-осадочными породами корвунчанской свиты нижнего триаса. Трубки взрыва туфобрекчий обнаружены в различных частях Малобутубинского района, т.е. в разных позднепалеозойских и мезозойских структурно-формационных зонах. Меньшая устойчивость туфов и туфобрекчий в процессе корообразования, чем вмещающих пород, позволяет наглядно проследить более интенсивное развитие (независимо от типов пород субстрата) и лучшую сохранность KB в пределах денудационной поверхности выравнивания, территориально совпадающей с конседиментационными палеоподнятиями и их склонами, по сравнению с денудационно-аккумулятивными и аккумулятивными поверхностями, соответствующими палеовпадинам.

Во фракции <0,001 мм из нижних частей профилей KB вулканогенных образований присутствует в основном хлорит, который, судя по значению  $b=9,27\text{Å}$ , относится к Mg-Fe-типу. Некоторое сжатие кристаллической решётки при прокаливании препаратов говорит об определённой «дефектности» его структуры. В нижних частях разреза развиты триоктаэдрические и ди-, триоктаэдрические минералы с небольшой примесью каолинита. Вверх по разрезу отмечаются вермикулит и Mg-Fe<sup>3+</sup>-монтмориллонит, постепенно переходящие в неупорядоченное вермикулит-монтмориллонитовое смешанслойное образование с  $d=1,49\text{Å}$ , что указывает на увеличение роли трёхвалентных катионов (в том числе Al) в его структуре. По мере выветрело-

сти пород возрастает концентрация каолинита, появляется примесь гиббсита. В низах профилей выветривания туфогенных пород корвунчанской свиты монтмориллонит на ранних этапах в связи с наличием в структуре преимущественно Mg и Fe<sup>3+</sup> близок к ди-, триоктаэдрическому типу. Вместе с Fe-хлоритом по мере выветрелости пород возникают вермикулит и ди-, триоктаэдрический монтмориллонит, которые постепенно переходят в вермикулит-монтмориллонитовое смешанослойное образование неупорядоченного типа, содержащее в октаэдрических позициях структуры в основном Al и Fe<sup>3+</sup>. Такой процесс сопровождается существенным перераспределением Si. Удаление из структуры смешанослойной фазы избытка кремния и фемических элементов обуславливает обогащение элювия Al и развитие в нём каолинита. Следовательно, каолинит образуется не только непосредственно по микроклину или плагиоклазам (через стадию монтмориллонита), существенную роль в его появлении играет вермикулит-монтмориллонитовое смешанослойное образование. Каолинит имеет нечёткую псевдогексагональную форму кристаллов, свойственную разностям, появившимся при выветривании основных пород. Кроме несовершенной огранки, минерал характеризуется весьма неупорядоченной структурой. Продукты раскristаллизации витрокластического материала различного химического состава при низких термобарических параметрах среды практически не содержат слюду, которая обычно [10, 17] не возникает в гипергенных условиях. В отложениях вулканогенной формации однородные толщи монтмориллонитовых глин образуют ценные в промышленном отношении месторождения Na- и Ca-разновидностей, т.е. бентонитов или флоридинов. В соответствии с различной активностью отдельных катионов Na-разновидность монтмориллонита может замещаться кальциевой, а с отдельными минералами вулканогенного происхождения, образующимися по кислой витрокластике, ассоциирует высокодисперсный кристобалит.

Накопление вулканогенного материала в пресных водоёмах и нормально-морских бассейнах определяет раскristаллизацию его уже на ранних этапах литогенеза в виде различно-

го типа смектитов с весьма низким зарядом слоёв. Следствием такого процесса является ограниченная способность фиксации ими K и сохранение на одинаковых стадиях постседиментационного изменения содержащих их отложений более значительного количества лабильных слоёв, чем в продуктах аградации монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований, связанных с деградацией триоктаэдрических слюд и диоктаэдризацией остаточных продуктов. Различие, слабо фиксирующееся в зонах I и II осадочного чехла земной коры, особенно чётко проявляется в зоне III, обуславливая выделение в толще с деградированными слюдами прослоев аградированного монтмориллонита в виде характерных «маркеров», которые используются для расчленения и корреляции разрезов [2, 9]. Указанное несходство в интенсификации адсорбции K двумя типами разбухающих минералов можно рассматривать как основную особенность отложений вулканогенной формации, которая имеет важное практическое значение, поскольку объясняет нарушение общей тенденции последовательного уменьшения количества разбухающих слоёв в структуре минералов из трёхэтажных слоёв в процессе погружения содержащих их отложений в стратисферу. Прослои с аномально пониженным количеством лабильных слоёв в структуре монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований, присутствующие в зоне III осадочного чехла, однозначно свидетельствуют об их вулканогенной природе. Выделение в мощных осадочных толщах таких прослоев позволяет использовать их в качестве надёжных маркеров при расчленении и корреляции фаунистически обеднённых отложений.

Несмотря на высокую минерализацию водной среды в условиях накопления *отложений галогенной формации* [10], вследствие свойственной зоне I низких термобарических параметров обстановки, тенденция к более высокой упорядоченности структуры глинистых минералов проявляется в весьма ограниченных масштабах. Учитывая, что слоистые силикаты и алюмосиликаты в зоне I не возникают, выявлена только несколько более интенсивная фиксация аллотигенными минералами содержа-

щихся в водной среде катионов. Поэтому из аутигенных развиваются лишь гидроталькиты, алюминиты, сульфаты, карбонаты и другие минералы ранней генерации.

Таким образом, глинистые минералы в отложениях терригенной, терригенно-карбонатной, карбонатной и вулканогенной формаций [2, 12–14] имеют аутигенный и аллотигенный генезис, представлены несовершенными в структурном отношении разновидностями. Они обладают серьёзными дефектами – вакансиями в структуре, которые полностью не заполняются, вплоть до стадии МГ. В пластовых водах и поровых растворах на предшествующих МГ стадиях литогенеза сохраняется дефицит главнейших для структур слоистых силикатов катионов, приводящий к сравнительно незначительным изменениям материала переотложенных КВ в бассейнах седиментации, что показано на примере верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ основных алмазоносных районов Сибирской платформы. Так, локализация продуктов переотложения КВ в верхнепалеозойских отложениях Далдыно-Алаkitского района, по сравнению с Малоботуобинским, характеризуется довольно специфическими чертами, что существенно облегчает поисковые работы на его территории и делает их более эффективными. Здесь оконтуривание ореолов рассеяния кимберлитового материала в базальных слоях каменноугольно-пермских отложений привело к открытию новых кимберлитовых труб.

Продукты переотложения древних КВ в мезозойских отложениях Малоботуобинского района наиболее чётко распознаются по составу аллотигенных глинистых слоистых минералов и особенностям концентрации некоторых малых элементов. В отложениях иреляхской свиты, сформированных в условиях низкой аллювиальной равнины (центральная часть Ангара-Вилуйского прогиба), преобладает монтмориллонит, ассоциирующий с вермикулит-монтмориллонитовыми смешанослойными образованиями. В глинистой составляющей других ландшафтных зон (озёрной и озёрно-болотной, а также денудационно-аккумулятивной равнины) преобладают каолинит и диоктаэдрическая гидрослюда  $2M_1$ . Все эти особенности связаны со значительно большей обога-

щённостью иреляхских отложений низкой аллювиальной равнины продуктами переотложения верхнепалеозойских, в то время как в двух других ландшафтных зонах обычно резко преобладает материал переотложения выветрелых терригенно-карбонатных пород и траппов, иногда со значительной концентрацией продуктов выветривания кимберлитов. В целом для мезозойского времени характерны специфические особенности перемыва и переотложения древних КВ, обусловленные развитием в районе двух структурно-формационных зон. В одной из них (юго-восточной) условия для накопления продуктов выветривания в перекрывающих их отложениях существовали в иреляхское время только на склонах центральной части прогиба. В укугутский период такие образования подверглись значительной эрозии, а сохранившиеся от размыва их останцы перекрылись мощной (до 100 м) толщей аллювиальных отложений, обогащённых чуждым району материалом. Плинсбахские и тоарские осадки формировались здесь в прибрежно-морских условиях при незначительном поступлении элювиальных продуктов из областей размыва, обрамлявших возникший морской бассейн.

В северо-западной структурно-формационной зоне, занимающей трапповое плато, практически на протяжении всего иреляхского, укугутского и карикского времени на возвышенных платообразных поднятиях происходило корообразование с одновременным размывом и переотложением продуктов выветривания в ближайшие локальные депрессии и частичным выносом их за пределы зоны. При этом здесь существовали условия для формирования делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озёрных (озёрно-болотных) фаций. В домерское время находящиеся в зоне продукты КВ и отложения, обогащённые ими, подверглись абразии и накапливались в базальных горизонтах прибрежно-морских отложений. Тоарские образования формировались после перекрытия КВ или их полного размыва. Наиболее благоприятны для поисков алмазных месторождений полоса вдоль бровки северо-западного борта Ангара-Вилуйского прогиба, совпадающая с Мирнинским поднятием, где широко

развиты отложения иреляхской свиты, являющейся формацией перемыва и переотложения KB, и образования укугутской свиты и карикского подъяруса. К этим отложениям, тяготеющим к локальным депрессиям (Иреляхской и Мачобинской) центральной части поднятия, приурочены все известные россыпи алмазов промышленного значения. Определённый поисковый интерес представляют слабо изученные участки поднятия, которые могут быть поставщиками в прилегающие депрессии кимберлитового материала. Для терригенно-карбонатных и карбонатных формаций наиболее характерные слоистые силикаты – ди-, триоктаэдрические смектиты и хлорит-сапониты.

Высокая минерализация среды при накоплении отложений галогенной формации уже в зоне I определяет более интенсивную фиксацию катионов аллотигенными глинистыми минералами. На поздних этапах стадии ПК в песчано-алевритовых породах кристаллизуется в виде крустификационных каёмки хлорит, который по сравнению с отложениями нормально-морских бассейнов характеризуется повышенной магнезиальностью. Главной особенностью отложений формации уже в зоне I является отсутствие условий для генерации каолинита. В отложениях каолинит может присутствовать лишь как реликтовая примесь при эпизодической активизации на континенте денудационных процессов, связанных с положительными тектоническими движениями в областях источников сноса или с понижением уровня водной поверхности в областях осадконакопления. В таком случае в размыв и переотложение могут быть вовлечены полиминеральные преимущественно ранее накопившиеся осадочные толщи, сложенные в условиях аридного литогенеза, свойственного формированию отложений галогенной формации, слабо изменёнными гипергенными процессами разностями пород. По мере погружения отложений в зону II и повышения термобарических параметров среды в песчано-алевритовых отложениях начинается интенсивная кристаллизация аутигенных глинистых минералов более поздней, чем хлорит, генерации. Однако в отличие от отложений терригенной формации, в проницаемых разностях которых в зависимости от характера водоёмов

или бассейнов седиментации осадков (т.е. пресноводного или морского типа) соответственно кристаллизуются каолинит или удлинённо-чешуйчатый монтмориллонит, в аналогичных породах галогенной формации возникает только последний.

Больше всего особенности аутигенных глинистых минералов в песчано-алевритовых отложениях проявляются в зоне III. Развитие в указанных породах удлинённо-пластинчатой гидрослюды с пирамидальными окончаниями частиц и высокой степенью совершенства структуры является главнейшим признаком накопления терригенного материала в условиях образования отложений галогенной формации. Свидетельствует о том, что при повышенной минерализации пластовых вод и поровых растворов в совокупности с высокими термобарическими параметрами среды максимально реализуется свойственная минералу слюдистого типа оптимальная кристаллографическая огранка частиц. Обычно гидрослюда ассоциирует с хлоритом, частицы которого в рассматриваемых фациальных условиях характеризуются элементами псевдогексагональной огранки. Такая ассоциация глинистых минералов показывает, что в среде минералообразования должны присутствовать в стехиометрическом соотношении необходимые для их синтеза катионы, а именно Si, Al, Mg, Fe и K.

Данные комплексного исследования глинистых минералов наиболее результативно можно использовать для стратиграфических построений и палеогеографических реконструкций перспективных на алмазы территорий. Следует учитывать следующие установленные нами типоморфные признаки глинистых минералов из развитых на площадях древних KB – главных поставщиков аллотигенных разностей:

- повсеместное присутствие диоктаэдрической гидрослюды ( $2M_1$ ) в KB терригенно-карбонатных пород и её постоянная ассоциация в наиболее зрелых профилях с каолинитом относительно наиболее упорядоченной структуры, чем в других породах;
- постоянное наличие в разрезах KB пород трапповой формации (туфы, туфогенные породы, долериты), наряду с ди- и триоктаэдрическим монтмориллонитом, а также неу-

порядоченным вермикулит-монтмориллонитовым смешанослойным образованием, в той или иной мере неупорядоченного каолинита, ассоциирующего в элювии туфогенных пород с галлуазитом;

- содержание в КВ кимберлитов совместно с поликатионным монтмориллонитом большого количества триоктаэдрического хлорита (пакеты  $\delta$  и  $\delta'$ ), серпентина (структурные типы А и В) и в различной степени изменённого флогопита, в том числе связанной с ним гидрослюдой 1М.

Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации, накопление их в основном в пресноводных континентальных водоёмах, небольшая мощность сформировавшихся верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ алмазоносных районов Сибирской платформы и незначительное их погружение определили слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы, а также отсутствие наложенных на них процессов катагенетического преобразования. Подобные условия привели к тому, что глинистые минералы в верхнепалеозойских и мезозойских отложениях алмазоносных районов платформы, связанные с процессами переотложения различных продуктов выветривания, наследуют структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это позволяет использовать типоморфные признаки однотипных глинистых минералов и геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из разных источников сноса и связанных с гипергенными изменениями пород различного состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягин Б.Б. Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. – М.: Недра, 1964.
2. Зинчук Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений). – Новосибирск: НГУ, 1994.
3. Зинчук Н.Н. О стратиграфической приуроченности, диагностике и генезисе каолинита в мезозойских терригенных отложениях Мало-Ботуобинского района (Западная Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1976. № 12. С. 27–35.
4. Зинчук Н.Н. Особенности распределения глинистых минералов в мезозойских алмазоносных отложениях Западной Якутии // Изв. вузов. Геология и разведка. 1981. № 10. С. 38–44.
5. Зинчук Н.Н. Состав и генезис глинистых минералов в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // Изв. вузов. Геология и разведка. 1981. № 1. С. 36–43.
6. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: Недра, 2000.
7. Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Стегницкий Ю.Б. Структурно-формационное и минерагеническое районирование территорий развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазоносных регионах (на примере Якутской кимберлитовой провинции) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 7. С. 956–964.
8. Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Борис Е.И. Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений. – М.: Недра, 1983.
9. Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Градусов Б.П. Генезис и распространение каолинит-монтмориллонитов в осадочном чехле // Изв. вузов. Геология и разведка. 1997. № 4. С. 35–43.
10. Казанский Ю.П. Выветривание и его роль в осадконакоплении. – М.: Наука, 1969.
11. Котельников Д.Д., Домбровская Ж.В., Зинчук Н.Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. 1995. № 6. С. 594–601.
12. Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Геологическая интерпретация результатов изучения в осадочном чехле земной коры // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. 2001. № 12. С. 45–51.
13. Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Глинистые минералы как индикаторы преобразования осадочных пород в различных зонах земной коры // Изв. вузов. Геология и разведка. 1998. № 5. С. 35–41.
14. Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций // Изв. вузов. Геология и разведка. 1997. № 2. С. 53–63.
15. Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдистых минералов в осадочных породах // Изв. вузов. Геология и разведка. 1996. № 1. С. 53–61.

16. Котельников Д.Д., Конюхов А.И. Глинистые минералы осадочных пород. – М.: Недра, 1986.
17. Куковский Е.Г. Превращение слоистых силикатов. – Киев: Наук. думка, 1973.
18. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Зинчук Н.Н. Эпохи мощного корообразования и алмазоносного магматизма в истории Земли. – Воронеж: ВГУ, 1999.
19. Хаин В.Е. Учение о геологических формациях на современном этапе // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1980. № 11. С. 5–18.
20. Хитров В.Г., Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Докл. АН СССР. 1987. Т. 296. № 5. С. 1228–1233.
21. Grim R.E. Clay mineralogy. – New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1953.
- Зинчук Николай Николаевич,  
доктор геолого-минералогических наук  
nzninchuk@rambler.ru

## SPECIFIC FEATURES OF ARGILLACEOUS MINERALS USE DURING DIAMOND PROSPECTING

N.N.Zinchuk

*A brief analysis of sedimentary formations' argillaceous minerals behavior has been made at various stages of sedimentogenesis, diagenesis, katagenesis and metagenesis. It is shown that each zone distinguished in the Earth's crust is characterized by various combinations of argillaceous minerals and a degree of postsedimentary transformation of rocks. Argillaceous minerals and their associations in terrigenous, terrigene-carbonate, carbonate, volcanogenous, and halogenic formations were characterized. Argillaceous minerals of early stages of sedimentogenesis and diagenesis (partially katagenesis), which most of the ancient (Upper Paleozoic and Mesozoic) diamondiferous placers are usually confined to, were characterized in detail.*

*Key words: argillaceous minerals, sedimentary formations, sedimentogenesis, diagenesis, katagenesis, metagenesis of sediments.*

Журнал «Руды и металлы» приглашает к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов

По вопросам размещения рекламы или издания целевого номера, посвящённого вашему предприятию, организации, её продукции и услугам обращаться по телефону 8 (495) 315-28-47 или электронной почте [rudandmet@tsnigri.ru](mailto:rudandmet@tsnigri.ru)

Реклама по заказам отраслевых организаций и высших учебных заведений выполняется по льготным расценкам