

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ДОКЕМБРИЙСКИЕ
КОРЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ

МОСКВА 1975

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)

ДОКЕМБРИЙСКИЕ
КОРЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ

(СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ)

1350

МОСКВА 1975



УДК [551.311.231+553.068.36] :551.72 (47+57)

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

АКАДЕМИКА А.В. СИДОРЕНКО

© ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС), 1975 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Еще совсем недавно, всего 10–15 лет назад, проблема древнего докембрийского выветривания и его продуктов не привлекала к себе должного внимания исследователей. Господствовавшие представления об "исключительности" докембрия в истории Земли не способствовали развитию исследований докембрийских кор выветривания; некоторые геологи вообще не верили в возможность существования этих образований. За последние годы, однако, положение резко изменилось. Интенсивное развитие исследований в области осадочной геологии докембрия привело к накоплению обширного фактического материала, в том числе и по докембрийским корам химического выветривания. Элювиальные продукты этих кор установлены на различных стратиграфических уровнях во всех крупнейших областях распространения докембрия на территории СССР — на Кольском полуострове и в Карелии, на Украине и в районе ЮМА, под осадочным чехлом Русской плиты, на Урале и в Средней Азии, на Алданском щите и Анабарском массиве, на Патомском нагорье и в других районах Сибири.

В процессе интенсивного изучения докембрийских кор выветривания на территории СССР удалось сделать ряд общетеоретических выводов относительно истории геологического развития Земли в докембрии, в том числе условий образования докембрийских кор и связанных с ними формаций, некоторых особенностей состава древней атмосферы и гидросферы, роли органического вещества в процессах выветривания, осадконакопления и эпигенетического преобразования осадков, а также эволюции перечисленных факторов во времени. Важнейшим результатом этих теоретических обобщений следует считать установление принципиального сходства докембрийского и фанерозойского корообразования. Следует также отметить, что при изучении докембрийских кор выветривания значительное внимание было уделено созданию методологии и разработке методики исследований, поскольку эти древние коры, как правило, были в значительной мере размыты, а впоследствии метаморфизованы и к ним не всегда (или не полностью) применимы методы изучения молодых неметаморфизованных кор.

Следовательно, сейчас уже коры выветривания следует рассматривать не как отдельные случайные образования, а как широко распространенное закономерное явление, позволяющее делать важные и далеко идущие научные и практические выводы.

Все отчетливее вырисовывается большое значение кор выветривания для стратиграфического расчленения и корреляции осадочно-метаморфических толщ докембрия. Проведенные исследования (Сидоренко и Чайка, 1970) показали, что мощные коры химического выветривания связаны с эпохами формирования поверхностей выравнивания и пенеппенов и что в совокупности эти образования маркируют естественные границы между основными стратиграфическими подразделениями докембрия.

Становится все более очевидной исключительно важная роль докембрийских кор выветривания в процессах древнего литогенеза — они являлись поставщиками в бассейны осадконакопления высокозрелого терригенного материала. Поэтому коры выветривания нельзя рассматривать в отрыве от продуктов их переотложения. Продукты переотложения кор выветривания (толщи кварцитов, высокоглиноземистые сланцы и т.д.) распространены в докембрии значительно шире, чем собственно коры, и несут чрезвычайно ценную информацию о палеотектонических, палеоклиматических и палеогеоморфологических условиях осадконакопления. С продуктами переотложения кор выветривания связан ряд ценных полезных ископаемых осадочного происхождения (древние россыпи, высокоглиноземное сырье, железные и марганцевые руды и др.), так что исследования этих образований имеют важное практическое значение.

Анализ имеющихся в настоящее время данных показывает, что в целом в Советском Союзе докембрийские коры выветривания и продукты их переотложения изучены намного лучше и полнее, чем за рубежом. Не случайно поэтому, что именно в СССР был проведен первый специальный семинар по докембрийским корам выветривания. Целью семинара, созданного по инициативе Бюро секции литологии и осадочной геологии докембрия Межведомственного литологического комитета СССР в г.Москве 26—30 марта 1975г., было обобщение накопленного фактического материала об условиях формирования докембрийских пенеппенов и кор выветривания и определение дальнейших задач изучения как собственно кор, так и связанных с ними терригенных образований и полезных ископаемых осадочного происхождения.

В настоящий сборник включены работы большинства участников семинара, тематика которого была достаточно обширной и разнообразной. Одна часть работ сборника носит более общий характер — в них нашли отражение проблемные теоретические и методические вопросы изучения докембрийских кор выветривания и продуктов их переотложения, в другой части помещены в основном региональные работы с характеристиками кор выветривания отдельных регионов. Однако это подразделение в известной мере условно, ибо теоретические и методические вопросы освещены и во многих региональных работах. Некоторые из работ (например, В.М.Михайлова) содержат дискуссионные положения. В региональных работах отдельные выводы авторов также достаточно спорны или не вполне обоснованы фактическим материалом. И тем не менее Оргкомитет семинара счел целесообразным опубликовать эти статьи, с тем чтобы лишний раз продемонстрировать всю сложность изучения проблемы докембрийских кор выветривания и указать на существование разногласий во взглядах различных исследователей.

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ, ПОВЕРХНОСТИ ВЫРАВНИВАНИЯ И ЭПОХИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПЕРЕРЫВОВ В ИСТОРИИ ДОКЕМБРИЯ

Проблема изучения метаморфизованных докембрийских кор выветривания, занимающая столь важное место в осадочной геологии докембрия – как и все другие кардинальные проблемы геологии – имеет свою историю. Еще в классический период развития региональной геологии (длвшийся с середины XIX в. до начала 20-х гг. XX в.) геологи, изучавшие докембрийские провинции: Обручев, Архангельский, Седерхольм, Холмс, Логан, Даусон, Метцгер, Вьюржонен и др. при описании метаморфизованных пород архея и протерозоя отмечали в их составе образования, которые могли возникнуть только за счет материала глубокого выветривания более древних комплексов. Ныне исследованиями многих геологов и научных коллективов окончательно установлены первичный гипергенный характер и значительные масштабы развития докембрийских кор выветривания. Здесь нет надобности подробно останавливаться на результатах выполненной к настоящему времени огромной работы по изучению докембрийских кор выветривания, работы, ставшей достоянием современной геологии.

В познании процессов гипергенеза, и, в частности, процессов выветривания, важнейшую роль сыграли работы В.И.Вернадского об образовании коры выветривания в лике Земли и участии в этом процессе гидросферы, атмосферы и живого вещества. Учение Вернадского о биосфере как части земной коры, в которой происходит активное взаимодействие алюмосиликатных компонентов с атмосферой, гидросферой и живым веществом, послужило основой для понимания всей совокупности процессов выветривания и гипергенеза.

Еще в 20-е гг. В.И.Вернадский (1965, стр.156) писал: "... Не говоря уже о других геологических эрах, и в криптозое эти процессы выветривания ничем в основном не отличались от современных. Одновременно мы не видим никаких признаков эволюции минералов (за исключением биогенных и биокосных минералов), которые всегда те же; их мы встречали в криптозое, и создание их мы сейчас видим."

Несмотря на большой объем имеющейся литературы о дораннепалеозойских корях выветривания (носящей, правда, фрагментарный характер), проблема докембрийского выветривания еще совсем недавно не привлекала к себе должного внимания исследователей. Господствовавшие представления об "исключительности" периода древнего докембрия в истории Земли – это касалось в пер-

вую очередь процессов гипергенеза — не способствовали развитию исследований докембрийских кор выветривания. Априорно принятое представление об особом, специфическом составе докембрийских атмосферы и гидросферы служило даже "теоретическим" обоснованием невозможности образования кор выветривания того общераспространенного типа, с которым мы встречаемся при изучении ранних этапов истории развития Земли.

В этой связи нельзя не отметить, что из всех объектов, изучаемых осадочной геологией, образованиям коры выветривания отводилось в процессе осадкообразования наиболее несущественное место (это относится не только к докембрийским, но и к фанерозойским корам выветривания). Чем более интенсивными были последующие денудационные процессы и чем к более древним стратиграфическим уровням приурочены коры выветривания, тем хуже их сохранность в разрезах. Фрагментарный характер распространения кор и отсутствие непосредственной связи с синхронными осадочными породами затрудняли изучение этих образований.

Недавно в большой коллективной работе Объединения "Аэрогеология" и Института географии Академии наук СССР, изданной под редакцией академика И.П.Герасимова и автора (Поверхности..., 1974), был обобщен обширный материал о фанерозойских поверхностях выравнивания, пенебленах и корях выветривания и дан их геологический анализ. Даже в рамках этого "молодого" этапа геологической истории мы располагаем весьма фрагментарными данными о корях выветривания палеозойского возраста; сведения о мезозойских и, особенно, кайнозойских корях выветривания и палеогеографических ландшафтах являются уже более полными. Упомянутая работа содержит ценный материал по истории фанерозойского выветривания и может служить в качестве методической основы сравнительного изучения докембрийских кор выветривания и условий их происхождения.

Ранее нами был сформулирован принцип эволюционно усложняющегося единства докембрия и фанерозоя (Сидоренко, 1969), который постепенно начинает утверждаться в геологии и поддерживаться другими исследователями. Приняв, что геологические процессы в истории докембрия и фанерозоя по своей принципиальной сущности были едины (хотя и не тождественны) и что они эволюционно усложнялись от архея к позднему фанерозою, мы тем самым получили в свои руки руководство к определению путей и разработке методов изучения докембрия.

Широкое использование — иногда с определенными дополнениями — хорошо известных методов познания процессов фанерозойского гипергенеза позволило нам вплотную подойти к изучению их докембрийских аналогов. Нет необходимости доказывать, что работа такого рода исключительно сложна уже в силу сложности самого объекта исследований — докембрийских осадочных пород и кор выветривания, претерпевших в процессе тектогенеза глубочайшие преобразования.

Широкое, а бы сказал, фронтальное развертывание исследований по литологии докембрия дало возможность по-новому подойти к пониманию процессов гипергенеза в архее и протерозое, к осознанию того факта, что в докембрии коры выветривания были развиты не менее широко, чем в фанерозое, и что они могли сохраняться при метаморфизме.

Весь огромный мировой опыт изучения допалеозойских метаморфизованных комплексов литологическими методами позволяет утверждать, что важнейшая роль в них принадлежит осадочным породам. Ныне бесспорно установлено, что в докембрии формировались практически все основные типы осадочных пород, присущие фанерозю. Уже в разрезах нижнего докембрия встречаются породы с крайне высокой степенью осадочной дифференциации вещества (Cousins, 1973), свидетельствующей о глубоком выветривании, — кварцевые песчаники и кварциты, высокоглиноземистые породы, кварцевые конгломераты, обогащенные устойчивыми к выветриванию минералами (Schidlowsci, 1966), и накопления наиболее подвижных при выветривании компонентов (находки эвапоритов; Cousins, 1962; Wood, 1973). Широкое распространение этого явно гипергенного комплекса осадочных пород не только в позднем докембрии (рифее), но и в архее — раннем протерозое, несомненно, свидетельствует о проявлении в то время всех процессов гипергенеза (выветривание, перенос и осадкообразование) и существовании мощных кор химического выветривания.

Сейчас, когда все эти факты стали получать должное объяснение с позиций признания принципиального сходства гипергенных процессов докембрия и фанерозоя, не верится, что еще сравнительно недавно (всего около 10 лет назад) сама постановка вопроса о докембрийских корях выветривания казалась неуместной в свете устоявшихся представлений о докембрии как об области чуть ли не сплошного распространения глубоко метаморфизованных и гранитизированных пород, внутри которой все первичные структуры и породы были будто бы полностью утрачены.

К настоящему времени, причем за сравнительно короткий срок, накоплен и предварительно обобщен достаточно обширный материал о докембрийских метаморфизованных корях выветривания. Здесь нет необходимости характеризовать распространение докембрийских кор выветривания в геологическом времени и по регионам. В 1970 г. нами совместно с В.М.Чайкой (Сидоренко, Чайка, 1970) была разработана первая наиболее общая схема размещения докембрийских кор выветривания и соответствующих им пенеппенов и поверхностей выравнивания. Упомянутая схема с годами систематически пополняется новыми данными о корях выветривания и пенеппенах различных стратиграфических уровней докембрия. О появлении большого количества новых данных свидетельствуют материалы семинара по докембрийским корям выветривания (Докембрийские..., 1975).

Из представленного автором на семинаре графического материала видно, что докембрийские коры выветривания лучше всего изучены на Балтийском щите. Достаточно сказать, что в Карелии и на Кольском полуострове установлено сейчас свыше 60 мест выходов докембрийских кор выветривания, развитых на различных стратиграфических уровнях архея и протерозоя. Остатки этих кор установлены также на Украине и в КМА, под отложениями криворожской и курской серий. Коры выветривания обнаружены в докембрии Урала и Средней Азии. В Сибири остатки докембрийских кор выветривания изучены в Патомском нагорье, Западном Прибайкалье, на Адданском щите и в Анабарском массиве. Довольно значителен список докембрийских кор выветривания, обнаруженных на Канадском щите и в щитах Южной Америки, Африки, Индии, Австралии.

Несмотря на фрагментарность полученных к настоящему времени материалов о докембрийских корях выветривания (объясняемую недостаточно продолжительным сроком их изучения) бесспорно то, что эти образования имеются на всех щитах и массивах и на всех известных главных стратиграфических уровнях.

Наиболее часто коры выветривания обнаруживают в разрезах среднего и верхнего протерозоя (рифей). Отсюда вовсе не следует, однако, что для формирования кор выветривания из всех периодов докембрия наиболее благоприятным был именно рифей. Сейчас мы получаем все больше доказательств того, что уровни кор выветривания имелись и в более глубоком докембрии.

Таким образом, следует считать, что в истории докембрия коры выветривания представляют не случайное, а закономерное явление больших масштабов и значимости. Установление связи кор выветривания с главными историко-геологическими рубежами дает в наши руки мощный инструмент для стратиграфического расчленения и корреляции осадочно-метаморфических толщ.

Поскольку, несмотря на установленный факт широкого и закономерного размещения кор выветривания в докембрии различных регионов, наши сведения о них (особенно об архейских корях выветривания) пока еще отрывочны и неполны, важнейшей задачей будущих исследований остается дальнейшее выявление всех возможных докембрийских кор выветривания, их детальное описание и комплексное изучение. Только путем накопления большого числа фактов и их тщательной оценки можно прийти к воссозданию стройной картины распространения древнейших процессов выветривания, познанию особенностей и закономерностей состава кор и продуктов их перемыва (осадочных пород), определению связи этих образований с морфоструктурами и континентальными перерывами.

Все ископаемые древние коры выветривания характеризуются разной степенью метаморфизма, в силу особенностей строения и развития областей распространения образований докембрия. Наряду с сильно метаморфизованными корами как в архее, так и в протерозое встречаются слабо метаморфизованные коры выветривания, которые дошли до нас в мало измененном виде. Следовательно, степень изменения кор выветривания зависит не только от их возраста, но и от их геологического положения.

Для позднего фанерозоя установлена общая закономерность размещения кор выветривания на пенецленах и поверхностях выравнивания обширных поднятий сводово-глыбовых областей. Именно в этих условиях создаются наиболее благоприятные обстановки для глубокого гидролиза алюмосиликатов, выноса подвижных компонентов и сохранения кор выветривания от размыва. Если данную закономерность распространить и на условия образования докембрийских кор выветривания, то древнейшие метаморфизованные коры удастся использовать для палеотектонических реконструкций, для выявления древнейших областей сводово-глыбовой тектоники и орогенных этапов развития земной коры. Этому частному вопросу посвящена помещенная в настоящем сборнике статья В.М. Чайки.

Важнейшим эмпирическим обобщением в области изучения проблемы докембрийских кор выветривания является установление принципиального сходства докембрийских и фанерозойских кор выветривания (по строению элювиального профиля и составу пород). Докембрийские коры имеют состав, зависящий прежде всего от типа выветривающихся пород, и обладают той же вертикальной зональностью, что и фанерозойские коры.

Подавляющее большинство профилей коры выветривания докембрийского возраста подверглось интенсивной денудации, в результате чего в разрезах представлены лишь нижние зоны коры. Поэтому отсутствие в остатках докембрийских кор глинистых зон элювиального профиля — явление обычное (напомним, что та же закономерность присуща и ископаемым корам выветривания фанерозоя). Изучая литохимические профили докембрийских кор, мы изучаем, по существу, лишь начало гипергенного процесса, тогда как его окончание, наиболее полно характеризующее интенсивность процесса и его геохимическую контрастность, безвозвратно утрачено и получить представление о нем удается лишь по ряду косвенных признаков, в частности по перетолженным накоплениям продуктов выветривания.

Имеющиеся признаки активной миграции элементов из элювиального профиля, сохранившегося лишь в нижней зоне (зонах), позволяют говорить о том, что докембрийское выветривание отличалось значительной интенсивностью, наложившей отпечаток даже на глубинную часть этого профиля.

Результаты реконструкций глинистой и слюдистой фракций докембрийских кор свидетельствуют о преобладании в составе элювиальных глинистых минералов иллита и монтмориллонита. В то же время в некоторых мало измененных корках выветривания наиболее жестких массивов и щитов (Карельский массив, Анабарский массив и др.) отмечается и первичный каолинит. Более того, начинают поступать данные о проявлении при образовании некоторых докембрийских кор выветривания латеритного процесса (Чайка, Забияка, 1968; Cannon, 1965; Roscoe, 1973). В древнейшем Родезийском щите Южной Африки описаны даже пласты диаспоровых бокситов (Hunter, 1962), возраст которых определен в ~ 3000 — 3200 млн. лет. Таким образом, нам уже известен весь спектр гипергенных образований глубокого химического выветривания пород в древнем докембрии.

Главными продуктами выноса элементов из коры выветривания докембрийского возраста, как и в более молодых корках, были щелочные и щелочноземельные металлы — калий, натрий, кальций и магний. Но вместе с тем в некоторых метаморфизованных корках выветривания отмечается накопление калия, что может истолковываться как специфическая особенность докембрийского гипергенеза. Почти повсеместно в докембрийских корках выветривания, включая наиболее древние из них — архейские и нижнепротерозойские, отмечается процесс окисления закисных форм железа, что может служить доказательством наличия в докембрийских гидросфере и атмосфере свободного кислорода. Данные изучения изотопов серы, как известно, также свидетельствуют о том, что примерно 3 млрд. лет назад

в атмосфере Земли присутствовал свободный кислород и, следовательно, все реакции в зоне гипергенеза шли при его активном участии.

Как состав продуктов докембрийского выветривания, так и вообще весь комплекс геологических и геохимических данных, получаемых в результате изучения осадочных пород — по существу, переотложенных продуктов выветривания — позволяют говорить о принципиальном сходстве геохимических факторов гипергенеза на всем протяжении обозримой геологической истории Земли. Главнейшими факторами выветривания в докембрии были химизм вод, живое вещество и продукты его жизнедеятельности, а также газовый состав атмосферы, содержавшей свободный кислород.

Исследования минерального состава кор выветривания, как и литолого-фациальные реконструкции образования осадочно-метаморфических пород докембрия, показывают, что процессы выветривания в докембрии протекали в разных природно-климатических условиях. Наряду с широким проявлением признаков гумидных обстановок докембрийского гипергенеза во многих докембрийских корах выветривания отражены следы существования в те эпохи аридных климатов. Эти факты лучше всего истолковывать с позиций признания определенной климатической зональности, имевшей место на Земле уже с раннего докембрия.

Однако выводы о палеогеографических и климатических обстановках в глубоком докембрии на основании изучения отдельных региональных кор выветривания следует делать с известной долей осторожности. Данные, которыми мы сейчас располагаем, пока еще отрывочны и основывать на них общие построения о "кислородности" или "бескислородности" атмосферы, об "аридности" или "гумидности" всего докембрия, как это делают отдельные исследователи, совершенно недопустимо. Действительно, по корам выветривания удастся судить о климатах докембрия и составе тогдашних атмосферы и гидросферы, однако широкие, глобальные обобщения по палеоклиматологии докембрия в целом возможны лишь при комплексном подходе к изучению этой проблемы, основанном не на одних только данных по корам выветривания, но на результатах всестороннего литолого-фациального и геохимического анализа всех геологических документов докембрия. Только такие полные данные о палеоклиматах древнейшего отрезка земной истории, причем полученные для значительных территорий, смогут найти широкое применение в качестве корреляционных признаков большого историко-геологического значения.

В настоящее время становится все более очевидным, что докембрийские коры выветривания, в подтверждение известных идей В.И.Вернадского, формировались в зонах гипергенеза в условиях значительного влияния живого вещества на разложение горных пород. Вместе с продуктами размыва кор выветривания в континентальных водоемах докембрия накапливались большие массы органического вещества, которые позже были преобразованы в формуцию углеродистых сланцев и шунгитов. Такие мощные толщи углеродистых пород издавна рассматриваются как биогенные образования. Еще в начале текущего столетия канадский геолог Даусон указал на биогенную природу огромных по мощности

толщ черных углеродистых сланцев раннего докембрия Онтарио. Заключенная в них масса биогенного углерода превышает, как считал Даусон, массу всех месторождений каменного угля карбона.

Сейчас формация черных углистых сланцев установлена во многих провинциях докембрия, где она представлена весьма широко. С этой формацией связаны значительные концентрации меди, ванадия, золота, редких элементов и ряда других компонентов, слагающих руды отдельных месторождений (Швеция и др.). Успехи биохимии, геохимии и изотопного анализа способствовали окончательному утверждению представлений о биогенной природе вещества рассматриваемой формации.

В этом плане особенно важными оказываются данные по древнему докембрию Южной Африки, где в архейских блоках обнаружены мало измененные древнейшие континентальные осадочные породы с многочисленными признаками органической жизни, возраст которых определен в 3 млрд. лет и более (Pflug, 1967; Brooks et al., 1973; Moore et al., 1974; Nagy et al., 1974 и др.). Следовательно, органическая жизнь в докембрии развивалась не только в океане, но и на суше. Нам даже представляется, что именно в континентальных водоемах с их обилием тепла, света и питательных веществ эта жизнь была более интенсивной и более производительной (в смысле накопления биомассы).

В связи с решением фундаментальных вопросов геологии принципиальное значение приобретает вывод о том, что коры выветривания нельзя рассматривать в отрыве от продуктов их переотложения. В стремлении увязать данные по корам выветривания с учением о геологических формациях геологи стали излишне широко пользоваться понятием "формация коры выветривания". Не вдаваясь подробно в определение этого понятия, границ и сфер его применения, укажем только, что такие образования, как конгломераты, кварциты и высокоглиноземистые породы коры выветривания, в целом отражают совершенно определенные палеогеографические условия процессов выветривания в докембрии. Коры выветривания дают нам более полную информацию о палеотектонике, палеогеографии и палеоклиматах докембрия, если рассматривать эти образования совместно с продуктами их переотложения (тем более, что объемы переотложенных пород значительно превышают объемы самих остаточных докембрийских кор выветривания). Между тем изучению осадочных пород коры выветривания под углом зрения их первично элювиального происхождения уделяется пока еще мало внимания. Этому важному вопросу о палеогеографическом значении конгломератов и высокоглиноземистых пород посвящены представленные на семинаре доклады Е.А.Кулиша, О.И.Луновой, В.А.Тенякова и др.

Коры выветривания являются наиболее надежными показателями континентальных условий литогенеза, показателями существования в докембрии, как и на других отрезках геологической истории, эпох континентальных перерывов. Они достаточно полно характеризуют эпохи континентальной истории материков и свидетельствуют о существовании обширных участков докембрийской суши, подвергавшейся активному воздействию докембрийских атмосферы, гидросферы и биосферы.

Агенты, обуславливающие образование кор выветривания, действовали особен-

но эффективно в специфических тектонических условиях — в обстановках становления платформ. Такие условия имели место при формировании сводовых, вернее, сводово-глыбовых поднятий, образывавших поверхности выравнивания и пенеппены, относительно подвижные как в замыкающихся геосинклиналях, так и на смежных платформах. Свидетельством относительной активности тектонических условий, в которых шло формирование наиболее мощных кор выветривания и продуктов их перемыва, служит сочетание внутри подобных структур площадных и линейных кор. В этом смысле коры выветривания выступают как наиболее важные палеотектонические показатели становления платформенных условий. Именно докембрийские поверхности выравнивания, пенеппены и связанные с ними коры выветривания (соответствующие эпохам континентальных перерывов) позволяют выделять в пределах древнейших щитов и массивов бывшие более древние платформы, реликты этих платформ и переходящих в платформы орогенных областей.

При изучении континентальных серий фанерозоя была выявлена вполне определенная связь наиболее мощных площадных кор выветривания с обширными пенеппенами и поверхностями выравнивания (Поверхности ..., 1974). Это сочетание морфоструктуры с корами выветривания служит надежным критерием при палеотектонических и палеогеографических реконструкциях; этот критерий необходимо использовать при изучении истории докембрия.

Известно, что при тектоническом районировании основных структур фанерозоя, в частности при выделении платформ и платформенных участков геосинклиналей, важное значение имеет выявление наличия осадочного чехла (базальные части которого, несогласно залегая на пенеппенизированном фундаменте и корях выветривания, фиксируют границы и время образования этих структур и эпох континентальных перерывов). Если для современных платформ выделение таких перерывов и поверхностей несогласия не составляет затруднений, то при выделении их на древнейших платформах и в областях платформенной консолидации геосинклиналей — срединных массивах, испытавших неоднократные деформации и метаморфизм, — геологи сталкиваются со значительными, подчас непреодолимыми трудностями. Изучение докембрийских кор выветривания и структурных условий их формирования позволяет решать эту задачу более успешно и результативно.

Несколько лет тому назад нами совместно с В.М.Чайкой (Сидоренко, Чайка, 1970) была предпринята первая попытка использовать принцип выделения платформ по осадочному чехлу в качестве методической основы разработки общей историко-геологической схемы стратиграфии докембрия. Коры выветривания и обуславливающие их формирование пенеппены и поверхности выравнивания были использованы нами в качестве естественных структурно-вещественных элементов докембрийской стратиграфии. Их размещение в докембрии геохронологически совпало с наиболее крупными перерывами между главными этапами развития тектонических структур. Оказалось, что наиболее мощные и чаще всего выделяемые докембрийские коры

выветривания отдельных регионов приурочены к границам между археем и ранним протерозоем, ранним протерозоем и рифеем и к границам главных подразделений рифея.

Дальнейшая детализация нашей схемы на основе новых фактов и обобщений привела к внесению в нее некоторых коррективов. В помещенной в данном сборнике статье В.М.Чайки содержатся данные о продолжении этой большой работы. Я далек от мысли, что данная работа близка к завершению и сделанные в процессе ее выводы являются окончательными. Однако я убежден, что эти исследования развиваются на методологически верной основе — на выделении естественных геологических границ, которые можно и нужно выделять и изучать. Не вызывает сомнения и тот факт, что эти границы должны устанавливаться не только радиометрическим путем (который особенно практикуется сейчас благодаря достижениям изотопной геологии) или при помощи палеонтологии (как бы ни были велики успехи "продвижения" в глубь докембрия биостратиграфического метода), а главным образом — путем непосредственного литолого-стратиграфического изучения отдельных регионов, изучения последовательности отложения отдельных наиболее характерных осадочно-метаморфических толщ и выявления континентальных перерывов. Не приходится сомневаться в том, что только комплексный историко-геологический анализ конкретных районов развития докембрия даст необходимый материал для дальнейших сравнительных исследований и составления общей стратиграфической шкалы докембрия и фанерозоя.

Представляется, что любые корреляции докембрийских образований земной коры должны опираться на систему местных шкал, основанных на выделении пенепленов, поверхностей выравнивания и кор выветривания. Выделение и изучение региональных кор выветривания и сопутствующих им палеоландшафтов, несомненно, представляет исключительно важную задачу современной геологии. Это заключение совершенно не умаляет достоинств радиометрического и биостратиграфического методов и их роли в стратиграфических исследованиях (это особенно относится к радиометрическому методу, позволившему дать количественную оценку многих важных событий геологии докембрия). Важно, однако, чтобы эти методы не воспринимались как универсальные.

Анализируя современное состояние изученности проблемы докембрийского континентального выветривания, мы приходим к выводу, что настало время перейти от первого этапа сбора и систематизации фактов к принципиально новому этапу геологического анализа и синтеза полученных данных, что даст возможность рассмотреть проблему значительно шире. Выявление и изучение древнейших архейских и протерозойских кор выветривания щитов наряду с литологическим изучением осадочно-метаморфических толщ, по существу, открыло новый путь к познанию ранних этапов истории Земли на основе историко-геологического метода и позволило по-новому подойти к пониманию палеогеографии, палеоатмосферы, палеогидросферы и палеоклиматов Земли.

В докембрийских корах выветривания нужно прежде всего видеть породившие их палеоклиматические и палеотектонические условия и уже на основе этого видения создавать и совершенствовать палеогеографические и палеоклиматические

реконструкции отдельных геологических эпох, определять условия докембрийского гипергенеза, изучать состав и особенности докембрийских атмосферы, гидросферы и биосферы.

В конечном счете изучение кор выветривания, продуктов их переотложения, поверхностей выравнивания и пенециленов, несомненно, станет одним из важнейших методов стратиграфического расчленения и корреляции докембрия на основе историко-геологического принципа (в комплексе с которыми, конечно, будут применяться и другие известные методы).

Таким образом, изучение докембрийских кор выветривания приобретает ключевое значение в решении кардинальных вопросов осадочной геологии докембрия.

Л и т е р а т у р а

В е р н а д с к и й В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. "Наука", 1965.

Докембрийские коры выветривания. ВИЭМС, 1975.

Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. "Недра", 1974.

С и д о р е н к о А.В. О едином историко-геологическом принципе изучения докембрия и постдокембрия. - "Докл. АН СССР", 1969, 186, № 1.

С и д о р е н к о А.В. Осадочная геология докембрия и ее значение для познания допалеозойской истории Земли. - "Сов. геология", 1975, № 2.

С и д о р е н к о А.В., Ч а й к а В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлогения осадочн. и осадочн.-метаморф. пород. "Наука", 1970.

Ч а й к а В.М., З а б и я к а А.И. О докембрийских покровах базальтов на западном склоне Анабарского щита. - "Докл. АН СССР", 1968, 183, № 2, с. 424-427.

Б р о о к с J . , M u i r M . D . , S h o w G . Chemistry and morphology of Precambrian microorganisms. - "Nature", 1973, 244, N 5413, p. 215-217.

С а н н о н К . Т . Age of the transition in the Pre-Cambrian atmosphere. - "Nature", (Eng.), 1965, 205, N 4971.

С о u s i n s C . A . The stratigraphy, structure and igneous rocks of the Transvaal System at the Western Areas Gold Mine. - "Trans. Proc. Geol. Soc. S. Africa", 1962, 65, N 2.

С о u s i n s C . A . Platinoids in the Witwatersrand System. - "J.S. Afr. Inst. Mining and Met.", 1973, 73d, N 6, p. 184-199.

Н u n t e r D . R . The mineral resources of Swasilend, Mbabane, 1962.

М о о r e C . B . , L e w i s C h . F . , K v e n v o l d e n K . A . Carbon and sulfur in the Swasilend sequence. - "Precamb. Res.", 1974, 1, N 1, p. 49-54.

Н а г у В . , К у н е н С . М . , З а м б е р г е J . E . , L o n g A . , М о о r e C . B . , L e w i s C h . F . , А n h a e u s e r C . R . , P r e t o r i u s D . A . Carbon content and carbonate ¹³C abundances in the Early Precambrian. Swasilend sediments of South Africa. - "Precamb. Res.", 1974,

1, N 1, p.43-48.

P f l u g H . D . Strukturierte organische Reste aus über 3 Milliarden Jahre alten Gesteinen Südafrikas. - "Naturwis.", 1967, 54, N 10.

R o s c o e S . M . The Huronian Supergroup, a Paleoproterozoic succession showing evidence of atmospheric evolution. - "Geol.Assoc.Can.Spec.Pap.", 1973, N 12, p.31-47.

S c h i d l o w s c i M . Beiträge zur Kenntnis der radioaktiven Bestandteile der Witwatersrandkonglomerate. - "Neues Jahrb.Mineral.Abhndl.", 1966, 105, N 2.

W o o d J . Stratigraphy and depositional environment of Upper Huronian rocks of the Rawhide Lake-Flack Lake area, Ontario. - "Geol.Assoc.Can.Spec.Pap.", 1973, N 12, p.73-95.

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ, ИХ ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДИКА ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ

Еще совсем недавно, 12–15 лет тому назад, сведения о докембрийских корях химического выветривания были весьма отрывочными и немногочисленными. Они ограничивались, пожалуй, указаниями на наличие таких кор под ятулийскими отложениями Центральной Карелии и Восточной Финляндии (А.Метцгер, Х.Вялорюнен, Л.Я.Харитонов), под отложениями криворожской серии Украины (П.М.Бондаренко и др.) и курской серии КМА (Э.П.Извеков). Не было, по существу, и надлежащей литолого-петрографической и геохимической характеристики пород древних кор выветривания. За истекший период в связи с резкой интенсификацией работ по литологии осадочно-метаморфических толщ докембрия заметный сдвиг произошел и в изучении докембрийских кор выветривания. К настоящему времени элювиальные продукты древних кор химического выветривания установлены и изучены на различных стратиграфических уровнях во всех главных областях распространения докембрийских образований на территории СССР. На Балтийском щите они известны под отложениями кейвской, печенгской и имандра-варзугской серий Кольского полуострова, под ятулийскими отложениями и на различных горизонтах последних в Центральной Карелии. Под осадочным покровом Русской платформы буровыми скважинами во многих районах вскрыты дорифейские, рифейские, довендские и палеозойские коры выветривания. Детально изучены докриворожские и докурские коры выветривания Украины и КМА. На Урале элювиальные продукты химического выветривания обнаружены под отложениями айской, зигальгинской и таганайской свит. В Сибири выявлены и достаточно полно изучены коры выветривания под отложениями топторгинской серии Патомского нагорья и мукунской серии Анабарского массива. Установлены они и под гонамской свитой Алданского щита, ермосохинской и олхинской свитами Восточного Саяна, байкальской серией Западного Прибайкалья. В последние годы ряд уровней с докембрийскими корами выявлен в Средней Азии. За рубежом докембрийские коры химического выветривания описаны под гуронскими отложениями Канады, серии Белт США, системы Витватерсранд Южной Африки.

Достоверно установленные коры химического выветривания – в виде сохранившихся от размыва элювиальных продуктов на материнских породах – известны пока лишь для протерозоя, хотя ряд косвенных данных свидетельствует о том, что процессы химического выветривания протекали и в архее. Из протерозойских кор

лучше других изучены и чаще всего описываются в литературе коры выветривания на гранитоидах, в меньшей мере – коры, развитые на вулканогенных породах основного состава (на метабазитах Украины, отчасти ЮМА, кувашской свите Южного Урала, догуронских метабазитах Канады) и метаморфизованных осадочных породах (Русская платформа, Урал, Патомское нагорье).

Накопленный к настоящему времени фактический материал по докембрийским корам выветривания позволяет уже сейчас выявить некоторые закономерности их развития, особенности строения, петрографического и химического состава, условия залегания и т.д., а также рассмотреть методические вопросы их изучения.

Докембрийские коры выветривания, как правило, метаморфизованы, их первичные структурно-текстурные особенности и исходный минеральный состав в значительной мере или полностью изменены; поэтому выявление и изучение таких кор намного сложнее, чем изучение неизмененных кор более молодого (фанерозойского) возраста. Это особенно относится к корам химического выветривания, в которых, в отличие от кор физического выветривания, нет контрастных грубообломочных элювиально-делювиальных образований, а степень химического изменения материнских пород ослабевает вниз по разрезу весьма постепенно. К тому же и эти изменения проявлены лишь умеренно или незначительно, так как в докембрийских корах от последующего размыва большей частью сохранились лишь нижние их горизонты. И, наконец, следует иметь в виду, что докембрийские коры выветривания залегают чаще всего не горизонтальным или слабо нарушенным плащом, а сложно дислоцированы вместе с подстилающими и перекрывающими образованиями. Все эти обстоятельства делают затруднительной уже самую диагностику рассматриваемых кор и требуют проведения очень тщательных полевых наблюдений, продуманного и целенаправленного отбора проб для лабораторных петрографических и геохимических исследований, а также всестороннего изучения генетически связанных с корами продуктов их перемыва и перетложения – для оценки истинной глубины древнего химического выветривания.

Докембрийские коры выветривания залегают горизонтально или с пологими углами падения лишь в устойчивых участках древних докембрийских платформ, где осадочный чехол сохранился до наших дней ненарушенным или лишь слабо дислоцированным. Такое залегание кор можно наблюдать, например, под мукунской серией Анабарского массива, гонамской свитой Алданского щита, осадочным покровом Русской платформы и в некоторых других районах. В большинстве же случаев поверхность контакта докембрийских кор выветривания с перекрывающими их породами наклонена к горизонту под самыми различными углами, вплоть до вертикальных и опрокинутых. В Патомском нагорье, на восточном крыле Лонгдорского антиклинория (бассейн р.Джелинды), во многих местах можно видеть, как допурпольская кора выветривания вместе с перекрывающими ее кварцито-песчаниками и высокоглиноземистыми сланцами пурпольской свиты прихотливо смята в серию складок, нередко опрокинутых к востоку. Пластической деформации подвергались и подстилающие кору материнские чуйско-кодарские граниты, обнажающиеся в ядрах этих складок. Сложные условия залегания отмечаются для докрово-рожской коры выветривания Украины, доятулийских и докейвских кор Балтийского щита, дотаганайской коры выветривания на Южном Урале и т.п.



1350

При полевых исследованиях важно не только установить геологические условия залегания и мощность кор выветривания, но и выявить определенные закономерности в изменении их структурно-текстурных особенностей и петрографического состава вверх по профилю. Выявление этих закономерностей, с одной стороны, помогает самой диагностике кор, а с другой, позволяет уже при полевом изучении составить определенные представления о направленности тех химических преобразований, которые происходили в материнских породах при древнем выветривании.

В молодых, неметаморфизованных корах первичные текстуры и структуры материнских пород могут сохраняться почти без изменений вплоть до зоны латеритного выветривания (так называемые структурные латериты и бокситы). Докембрийские же коры подверглись последующему уплотнению, тектоническим дислокациям и метаморфизму, поэтому первичные структуры и текстуры материнских пород видны в них лишь в самых нижних зонах, где выветривание проявилось очень слабо и породы не потеряли свою прочность. Вверх по профилю, по мере увеличения количества в выветривавшихся породах глинистого материала, а следовательно, по мере повышения пластичности этих образований, в них все сильнее начинают проявляться процессы вторичного расщепления, поэтому верхние горизонты докембрийских кор по своим структурно-текстурным особенностям резко отличны от менее измененных материнских пород и на первый взгляд не имеют с ними никакой связи. Обычно это отчетливо сланцеватые образования, как бы зажатые между массивными материнскими породами (например, гранитами) и массивными кварцевыми песчаниками или кварцитами. По этой причине, учитывая к тому же крутые углы залегания, верхние горизонты докембрийских кор могут быть даже ошибочно приняты за наложенные метасоматические образования или зоны диафраза, приуроченные к дизъюнктивным тектоническим нарушениям.

Интересные и важные результаты дает выяснение закономерностей изменения петрографического состава пород кор выветривания. В связи с тем, что при древнем выветривании химический состав материнских пород вверх по профилю изменялся, при последующем метаморфизме в разных зонах кор неизбежно должны были возникать и отличавшиеся одни от других (в качественном или хотя бы в количественном отношении) ассоциации метаморфических минералов. Состав этих ассоциаций определяется, с одной стороны, исходным составом материнских пород, а с другой, — степенью наложенного на коры метаморфизма. Однако, несмотря на влияние этих факторов, в целом в докембрийских корах химического выветривания смена минеральных ассоциаций вверх по профилю однотипна: в указанном направлении происходит постепенное исчезновение кальций- и натрий-а затем магнийсодержащих минералов с одновременным увеличением количества кварца и минералов, содержащих калий. Так, например, в нижней части слабо метаморфизованных кор выветривания на гранитах Патомского нагорья, Центральной Карелии, Канады и других районов наблюдаются хлоритизация биотита и серицитизация полевых шпатов (последняя затрагивает в первую очередь плагиоклаз а затем и калишпаты). Выше количество хлорита уменьшается, а интенсивность серицитизации возрастает до полного превращения материнских гранитов в расщепленные породы кварц-серицитового состава, в которых гранитовая структура уже полностью исчезает. В нижней зоне кварц-серицитовых пород зерна

кварца еще сохраняют свои первоначальные форму и размер (Ровсое, 1969; Головенко, 1971). Выше серицит ведет себя агрессивно и по отношению к кварцу (проникая в него по трещинкам, разъедая и замещая с краев), в связи с чем зерна кварца становятся несколько округлыми. Количество серицита в породах увеличивается до 50-70% и более от общей массы. В догуронских корах выветривания на зеленокаменных породах в последних вверх по профилю растет содержание серицита, и наиболее измененные разности пород из кровли коры состоят почти исключительно из этого минерала (Ровсое, 1969).

Аналогичная, хотя и более сложная, смена минеральных ассоциаций наблюдается в докриворожских корах выветривания на метабазах Украины. Здесь также вверх по профилям происходит довольно быстрое исчезновение амфибола и плагиоклазов; вначале возрастает, а затем уменьшается количество биотита и хлорита и неуклонно растет содержание серицита и кварца. В некоторых участках профилей отмечается вторичная карбонатизация пород (она проявляется и в корах выветривания на гранитах, например, в Центральной Карелии; Корякин, 1967, 1971).

На Южном Урале в дотаганайской коре выветривания на основных породах кувашской свиты, метаморфизованной в амфиболитовой фации, видно, как вверх по профилю амфибол и плагиоклаз сменяются биотитом, а затем мусковитом и кварцем. Совершенно очевидно, что такая смена метаморфических минералов, принадлежащих в пределах каждого отдельного профиля одной фации метаморфизма, обусловлена первичными особенностями химического состава пород из соответствующих зон коры выветривания.

Изучение особенностей петрографического состава, выяснение степени метаморфизма как самих кор, так и подстилающих и перекрывающих их пород, имеет чрезвычайно важное значение для отграничения древних площадных кор химического выветривания (всегда метаморфизованных в той же фации, что и перекрывающие их осадочные образования) от более молодых, особенно линейных кор выветривания. Последние часто приурочены к контактам двух разнородных толщ (поскольку такие контакты при складкообразовании, как правило, бывают ослаблены и становятся более проницаемыми для поверхностных вод и других агентов выветривания), что создает видимость наличия древней площадной коры. Примеры молодых линейных кор, ошибочно принимавшихся за докембрийские, известны в Енисейском крае по контакту терригенной красногорской и карбонатной джурской свит, по границе лахандинской и ципандинской свит Алданского щита (подробнее об этом см. помещенную в данном сборнике статью Р.А.Склярова).

Нередко при описаниях докембрийских кор, метаморфизованных в зеленосланцевой (а иногда и более высокой) фации метаморфизма, сообщают о находках каолинита, хотя в этих условиях он должен был быть преобразован в диоксит и пирофиллит. Так, например, о находках докембрийского каолинита сообщают многие исследователи дютаулийских кор Центральной Карелии и Восточной Финляндии. Однако Фростерус в свое время указывал, что докембрийский возраст этого минерала не доказан и что происхождение его вполне может быть связано с более молодыми, фанерозойскими процессами химического выветривания. Отдельные исследователи описывают находки каолинита в докриворожской

и докурской коры выветривания Украины и ЮМА и в других районах. Все находки каолинита и некоторых других минералов (аллофана, гиббсита и т.п.) требуют весьма тщательной проверки и выяснения времени образования этих минералов. В противном случае ошибочные заключения приведут не только к искаженной характеристике минерального состава докембрийских кор, но и к неверной трактовке глубины древнего химического выветривания.

Обязательным элементом изучения докембрийских кор должны быть геохимические исследования, позволяющие наиболее объективно оценивать характер, неравномерность и глубину процессов древнего химического преобразования исходных материнских пород.

Эти исследования должны охватывать не только элювиальные продукты кор, но и отложения, генетически с ними связанные, поскольку верхние горизонты докембрийских кор подвергались размыву и по их сохранившимся остаткам оценить истинную глубину выветривания удастся далеко не всегда.

Для изучения химического состава пород и его изменений по профилям вкост простирания древних зон выветривания необходимо отобрать серию проб на химический анализ (напомним, эта серия должна охватывать весь интервал от неизмененных материнских пород до перекрывающих кору отложений). Количество проб зависит от строения и мощности коры, но для более уверенного и надежного прослеживания изменения химического состава вверх по профилю желательно иметь не менее трех-четырёх проб. Опробованию необходимо подвергать и залегающие выше кор выветривания первично-глинистые породы (если они есть в разрезе), поскольку глинистые отложения являются продуктами размыва верхних горизонтов кор и заключают в себе наиболее ценную информацию о глубине химического выветривания.

Изучение химического состава и его изменений вверх по профилю древних кор может вестись различными способами, как простым сравнением результатов химических анализов, так и путем расчета некоторых отношений между отдельными породообразующими окислами или их группами. Простое сравнение результатов анализов пород из разных зон коры выветривания не всегда наглядно и не вскрывает всех закономерностей в изменении химического состава пород по профилю. Значительно более информативными являются отношения между окислами, в первую очередь, отношения глинозема к кремнезему (кремневый модуль) двуокиси титана к глинозему (титановый модуль), закисного железа к окисному, кальция к магнию, натрия к калию и суммы щелочей и щелочных земель к глинозему. По титановому модулю можно судить об элювиальном или перестолженном характере продуктов выветривания, а по изменению отношений закисного железа к окисному — об окислительно-восстановительных условиях выветривания. Остальные из перечисленных выше отношений позволяют оценить общую неравномерность и глубину выветривания, а также в известной мере и относительную подвижность отдельных элементов (Головенко, 1971; Головенко, Шалек, 1975).

Имеющийся к настоящему времени фактический материал показывает, что химический состав пород в докембрийских коры вверх по профилю изменяется вполне закономерно и однотипно независимо от того, были ли исходные материнские породы кислыми или основными. Более того, изучение этих кор, развит

в самых различных районах, на породах разного состава и возраста приводит к заключению, что процессы древнего выветривания, по крайней мере, с раннепротерозойского времени, имели много общего с процессами химического выветривания в последокембрийские эпохи и приводили к аналогичным результатам.

Вверх по профилю докембрийских кор наблюдается отчетливое уменьшение содержаний кремнезема и увеличение количества глинозема, в связи с чем значения кремневого модуля в указанном направлении неуклонно возрастают. Наоборот, значение отношений суммы щелочей и щелочных земель к глинозему вверх по профилям резко падает. Таким образом, изменение обоих названных отношений указывает на все большую степень выветрелости исходного материала. В некоторых случаях закономерности в изменении кремневого модуля могут нарушаться в связи с неоднородностью строения и состава материнских пород, а также в связи со вторичным окварцеванием отдельных участков или горизонтов кор, как, например, в доятулийских корах Центральной Карелии (Корякин, 1967, 1971) или в докурских корах КМА (Воскресенская, Головенко, 1971). Вторичная карбонатизация кор выветривания может привести к затухиванию закономерностей и в изменении отношений суммы щелочных и щелочноземельных элементов к глинозему. Однако присутствие вторичных (диагенетических или эпигенетических) карбонатов обычно легко устанавливается при микроскопическом изучении пород, а также по данным химических анализов последних. Появление вторичного кальцита будет сопровождаться увеличением содержания CaO , а доломита — пропорциональным увеличением количества окислов кальция и магния.

Очень ярко в докембрийских корах выражен интенсивный и преимущественный (по сравнению с магнием и калием) вынос кальция и натрия. Особенно хорошо об этом можно судить по уменьшению вверх по профилям отношений окислов кальция к магнию и натрия к калию. Такая закономерность обусловлена тем, что кальций и натрий в зоне гипергенеза не образуют устойчивых соединений, а калий и магний могут связываться в глинистых минералах (гидрослюдах, монтмориллонитах и т.д.). Поэтому относительное содержание магния и, особенно, калия вверх по профилям кор падает отнюдь не всегда: чаще оно даже увеличивается. В этой особенности состава пород докембрийских кор выветривания многие исследователи склонны видеть проявление метасоматических процессов, происшедших при последующем метаморфизме кор и перекрывающих их отложений. Причиной возникающих недоразумений является и сопоставление остатков докембрийских кор на гранитах (представленных чаще всего лишь жильными зонами) с молодыми зрелыми кора́ми латеритного профиля на основных породах. Из верхней части этих молодых кор вынесены не только кальций и натрий, но также магний и калий, что и создает видимость резкого различия между докембрийскими и фанерозойскими кора́ми. Характерно, однако, что в самой нижней части указанных молодых кор выветривания, как и в остатках докембрийских кор, наблюдается более интенсивный вынос натрия и кальция, а содержание калия и магния нередко даже не уменьшается, а увеличивается (Лисицина, 1967; Черняховский, 1967). На гранитах же и в молодых корах выветривания содержание окиси калия даже в зоне щелочных настилов может достигать 4,5–6,2% (Крамаренко, 1968).

При изучении поведения отдельных породообразующих элементов в докембрийских корах выветривания нужно учитывать также физико-химические условия выветривания в докембрии и эволюцию этих условий во времени. В частности,

более высокое содержание калия в породах из докембрийских кор может объясняться отсутствием на этих корах растительного покрова. Калий, как известно, относится к числу наиболее биофильных элементов и усваивается растительностью в значительных количествах (Перельман, 1968, 1973). Жизнедеятельность растений будет приводить тем самым к дополнительному удалению калия из молодых кор выветривания.

По-видимому, отсутствием растительного покрова объясняются и особенности значений титанового модуля в докембрийских корах выветривания. В элювиальных продуктах этих кор в пределах каждого отдельно взятого профиля значения титанового модуля отличаются удивительным постоянством и равны его значениям в исходных материнских породах. Поэтому анализ значений титанового модуля вверх по профилю кор очень важен для диагностики элювиальных и перестроженных продуктов. В последних значение титанового модуля неизбежно будет нарушено. В достаточно зрелых корах практически весь глинозем из алюмосиликатов, слагающих материнские породы, перейдет в тонкодисперсную форму (глинистые минералы или свободные гидроксиды). Двоокись же титана будет находиться в корах как в тонкодисперсной форме (в кристаллической решетке глинистых минералов), так и в виде самостоятельных, устойчивых против выветривания минералов (ильменит, рутил, лейкоксен и др.) алевритовой и песчаной размерности. Поэтому при перемыве и перестрожении продуктов выветривания весь или почти весь глинозем уйдет в область накопления глинистых отложений; часть двуокиси титана останется в зоне накопления песчано-алевритового материала. В результате глинистые отложения оказываются обеднены, а песчаные обогащены двуокисью титана, по сравнению с исходными материнскими породами.

При химическом растворении и выносе титана и алюминия из коры выветривания значения титанового модуля также не могут оставаться постоянными и равными его значениям в материнских породах (в силу различных химических свойств указанных элементов и невозможности в связи с этим их выноса из коры пропорционального). Интересно отметить, что в молодых, мезозойско-кайнозойских корах выветривания в верхней части профиля значения титанового модуля нередко намного меньше, чем ниже по разрезу и в материнских породах (см., например, химические анализы пород из таких кор в сборнике "Вопросы геологии и минералогии бокситов", 1964). По-видимому, как и в случае с калием, это также связано с наличием на молодых корах растительного покрова, который изменяет миграционные способности титана и алюминия.

Важное значение для характеристики докембрийских кор химического выветривания имеет анализ соотношений закисных и окисных форм железа вверх по профилю. Имеющиеся данные показывают, что вверх по профилям этих кор роль окисного железа, как правило, увеличивается, что хорошо видно по уменьшению значений $FeO: Fe_2O_3$. В самой верхней части некоторых кор, например, в допурпольских корах выветривания на гранитах Патомского нагорья, в докряжовских корах на метабазах Украины, наблюдается вторичное увеличение содержания закисного железа. Это связано с древними диагенетическими и эпигенетическими процессами в перекрывающих коры отложениях, которые протекали в восстановительной обстановке и затрагивали также верхнюю часть кор (Головенко, 1971;

Головенко и Шалек, 1975). Если же обстановка осадконакопления и последующего преобразования пород была окислительной, то вторичного восстановления окислов железа не происходило и вверх по профилям таких кор отношение $FeO : Fe_2O_3$ неуклонно уменьшается, как это видно в доятулийских корах Центральной Карелии и в дотаганайской коре Южного Урала.

Таким образом, изучение отношения $FeO : Fe_2O_3$ позволяет судить не только об окислительно-восстановительных условиях выветривания, но и о древних процессах диа- и эпигенетических преобразований пород. В целом же имеющийся фактический материал показывает, что, по крайней мере, с раннепротерозойского времени процессы химического выветривания протекали в окислительной обстановке, в присутствии в атмосфере того времени достаточного количества свободного кислорода.

В настоящее время для количественной оценки выноса породообразующих элементов из кор химического выветривания и определения степени их подвижности используются чаще всего метод абсолютных масс и расчеты по наименее подвижному компоненту, так называемому элементу-свидетелю (Лисицина, 1966; Перельман и Батулин, 1962). При изучении докембрийских кор первый метод, с нашей точки зрения, непригоден. Эти коры всегда уплотнены и метаморфизованы, а поскольку подвижные (и более легкие) соединения из них были частично вынесены, объемные веса пород, слагающих коры, как правило, больше, чем у неизменных материнских пород. Нередко вверх по профилю наблюдается даже увеличение объемных весов. В связи с изложенным выше реальные соотношения привноса-выноса отдельных элементов искажаются — для малоподвижных окислов всегда будет создаваться впечатление привноса, хотя в действительности количество их оставалось постоянным или изменялось в меньшей степени.

Расчеты по наименее подвижному компоненту дают для докембрийских кор более надежные и достоверные результаты. Как уже отмечалось, в элювиальных продуктах этих кор выветривания значения титанового модуля в пределах профиля характеризуются чрезвычайным постоянством, что свидетельствует об отсутствии привноса или выноса титана и алюминия. Следовательно, в качестве компонента-свидетеля могут быть выбраны как глинозем, так и двуокись титана. Предпочтительнее, однако, производить расчеты по глинозему, так как его содержание в пределах профиля (из-за значительного количества) в меньшей мере подвержено случайным колебаниям, связанным с неоднородностью строения пород, а также с ошибками при химическом анализе.

Автором по методике, предложенной А.И.Перельманом и С.Г.Батулиным (1962), были произведены расчеты привноса-выноса породообразующих элементов из докряворожской коры выветривания на метабазах Украины по окислу-свидетелю Al_2O_3 и построены ряды подвижности (интенсивности выноса) породообразующих окислов из разных зон коры по отношению к исходной породе (см. таблицу). Из таблицы видно, что во всех зонах довольно устойчиво накапливаются двуокись титана, окислы железа, P_2O_5 и K_2O . Так же устойчиво из коры выветривания выносятся кремнезем, марганец, натрий, магний и кальций, причем наибольшая интенсивность выноса отмечается для кальция. Вверх по профилю значительно уменьшается количество потерь при прокаливании, что в общем для кор выветривания необычно. По-видимому, это связано с проявлением процесса метаморфизма, во время которого часть воды и других летучих компонентов удалялась.

Абсолютный привнос и вынос химических
кору на метабазах

Оксиды	1. Биотит-амфи- боловый сланец (исходная по- рода)	2. Биотит-амфиболовый сланец				3. Двуслюдяной	
	Сод. г/100г	Сод. в г/100г	Из 100г исх. п. осталось	Привн. в г/100г	Привн. в %	Сод. в г/100г	Из 100г исх. п. осталось
SiO ₂	50,74	46,30	41,71	-9,03	-17,8	52,69	40,22
TiO ₂	0,75	0,89	0,80	+0,05	+ 6,7	1,09	0,83
Al ₂ O ₃	16,03	17,85	16,03	0	0	21,01	16,03
Fe ₂ O ₃	1,10	2,04	1,84	+0,74	+67,3	2,62	2,00
FeO	6,92	12,74	11,48	+4,56	+65,9	8,59	6,56
MnO	0,27	0,28	0,26	-0,01	- 3,7	0,15	0,11
MgO	4,38	5,53	4,98	+0,60	+13,7	1,84	1,40
CaO	10,52	6,55	5,90	-4,62	-43,9	1,89	1,06
Na ₂ O	0,39	0,40	0,36	-0,03	- 7,7	0,30	0,23
K ₂ O	3,21	4,33	3,90	+0,69	+21,5	6,80	5,19
P ₂ O ₅	0,06	0,06	0,05	-0,01	-16,7	0,17	0,13
П.п.п.	5,63	3,03	2,91	-2,72	-48,3	3,35	2,56
Сумма	100,00	100,00	90,22			100,00	76,32
Вынос				-16,42			
Привнос				+ 6,64			
Абс. вынос				- 9,78			

Ряды интенсивности выноса породообразующих окислов из

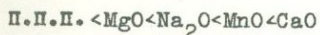
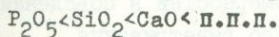
2. Fe₂O₃ < FeO < K₂O < MgO < TiO₂ < Al₂O₃ < MnO < Na₂O
3. P₂O₅ < Fe₂O₃ < K₂O < TiO₂ < Al₂O₃ < FeO < SiO₂ < Na₂O
4. Fe₂O₃ < P₂O₅ < K₂O < FeO < TiO₂ < Al₂O₃ < SiO₂ <
5. K₂O < P₂O₅ < Fe₂O₃ < FeO < TiO₂ < Al₂O₃ < SiO₂ <

элементов из доквиворожской метаморфизованной

по окислу-свидетелю Al_2O_3

сланец		4. Бiotит-серицитовый сланец				5. Слюдяно-гранатовый сланец			
Привн. в г/100г	Привн. в %	Сод. в г/100г	Из 100г исход. п. осталось	Привн. в г/100г	Привн. в %	Сод. в г/100г	Из 100г исх. п. осталось	Привн. в г/100г	Привн. в %
-10,52	-20,7	51,17	-40,61	-10,13	-20,0	46,23	31,38	-19,36	-38,1
+ 0,08	+10,7	1,02	0,81	+ 0,06	+8,0	1,15	0,80	+ 0,05	+ 6,7
0	0	20,22	16,03	0	0	23,02	16,03	0	0
+ 0,90	+81,8	2,41	1,91	+ 0,81	73,6	2,21	1,53	+ 0,43	+39,1
- 0,36	- 5,2	11,57	9,18	+ 2,26	+32,7	12,48	8,67	+ 1,75	+25,3
- 0,16	-59,3	0,12	0,10	- 0,17	-63,0	Сл.	Сл.	- 0,27	-100,0
- 2,98	-68,0	2,50	1,98	- 2,40	-54,8	2,17	1,51	- 2,87	- 65,5
- 9,46	-90,0	0,33	0,26	-10,26	-97,5	0,27	0,19	-10,33	- 98,2
- 0,16	-41,0	0,22	0,17	- 0,22	-56,4	0,24	0,17	- 0,22	- 56,4
+ 1,98	+61,7	6,15	4,88	+ 1,67	+52,0	7,78	5,40	+ 2,19	+ 68,2
+ 0,07	+116,6	0,13	0,10	+ 0,04	+66,7	0,14	0,10	+ 0,04	+ 66,7
- 3,07	+54,5	4,16	3,30	- 2,33	-41,4	4,31	3,00	- 2,63	- 46,7
		100,00	79,33			100,00	68,78		
-26,71				-25,51				-35,68	
+ 3,03				+ 4,84				+ 4,46	
-23,68				-20,67				-31,22	

разных зон коры выветривания (по отношению к исходной породе):



По рядам интенсивности выноса окислов можно видеть, как изменялась подвижность отдельных окислов вверх по профилю. Так, кальций во всех зонах характеризовался устойчивым и наиболее интенсивным выносом. Магний в самой нижней зоне несколько даже накапливался, а затем во все большей мере выносился. Вверх по профилю возрастала интенсивность выноса марганца, накопления калия и т.д.

Похожие, но все же несколько иные ряды интенсивности выноса породообразующих окислов были получены для различных зон одного из профилей допурпольской коры выветривания на гранитах Патомского нагорья (химический состав пород приведен в работе автора, 1971; профиль I). По отношению к исходным гранитам эти ряды выглядят следующим образом:

2. $TiO_2 < Fe_2O_3 < Al_2O_3 < K_2O < MgO < SiO_2 < Na_2O < \text{п.п.п.} < FeO < CaO < P_2O_5 < MnO$.
3. $Fe_2O_3 < MnO < \text{п.п.п.} < P_2O_5 < Al_2O_3 < TiO_2 < Na_2O < SiO_2 < FeO < CaO < MgO < K_2O$.
4. $Fe_2O_3 < \text{п.п.п.} < Al_2O_3 < TiO_2 < K_2O < SiO_2 < MgO < FeO < MnO < P_2O_5 < CaO < Na_2O$.
5. $\text{п.п.п.} < Al_2O_3 < TiO_2 < K_2O < SiO_2 < CaO < MgO < P_2O_5 < FeO < MnO < Na_2O$.
6. $\text{п.п.п.} < TiO_2 = Al_2O_3 < Fe_2O_3 < K_2O < SiO_2 < FeO < MgO < P_2O_5 < MnO < CaO < Na_2O$.

В этом профиле, в отличие от профиля на метабазах, устойчиво выносятся не только кремнезем, магний, кальций и натрий, но также закисное железо, P_2O_5 и калий. В верхних горизонтах коры наблюдается некоторый вынос и окисного железа. Характерно, что если из коры выветривания на метабазах наиболее интенсивно выносятся кальций, то в данной коре он уступает место натрию. Вероятно, это связано с тем, что в исходных метабазах присутствовали менее устойчивые против выветривания амфиболы и основные плагиоклазы, богатые кальцием, в то время как в гранитах амфиболов не было, а плагиоклазы имели кислый состав. С разрушением при выветривании калишпатов, более богатых калием, чем образовывавшиеся гидрослюды, связан и вынос калия. Допурпольские коры выветривания метаморфизованы очень слабо (начальные стадии фации зеленых сланцев), поэтому вверх по профилю наблюдается все более интенсивный рост потерь при прокаливании.

Таким образом, приведенные материалы показывают, что расчеты привноса-выноса по компоненту-свидетелю (Al_2O_3) дают для докембрийских кор хорошие результаты и позволяют выяснить ряд интересных закономерностей в поведении отдельных элементов по мере развития процессов древнего выветривания.

Л и т е р а т у р а

Вопросы геологии и минералогии бокситов. М., "Мир", 1964. 481с.

Воскресенская М.Н., Головенко В.К. К характеристике химической коры выветривания северо-западной части Курской магнитной аномалии. - В кн.: Проблемы литологии докембрия. Л., "Наука", 1971.

Головенко В.К. Среднепротерозойская кора химического выветривания в северной части Байкальской горной области. - В кн.: Проблемы литологии докембрия. Л., "Наука", 1971. с.43-56.

Головенок В.К., Шалек Е.А. О геохимических особенностях докряворожской коры выветривания на метабазах Саксаганского района. - В кн.: Докембрийские коры выветривания (формирование докембрийских пенепленов и кор выветривания; эпохи континентального литогенеза в докембрии). М., ВИЭМС, 1975, с.47-49.

Корякин А.С. К вопросу о докембрийских корах континентального выветривания. - В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып.2. М., "Недра", 1967, с.296-312.

Корякин А.С. О признаках первично-элювиального генезиса некоторых метаморфических пород Карелии. - В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып.3. М., "Недра", 1971, с.80-98.

Крамаренко В.П. Каолиновая кора выветривания гранитоидных пород Украинского щита. - В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. Докл. сов.геол. на XXIII сессии МГК. Симпозиум I. М., "Наука", 1968, с.46-52.

Лисицына Н.А. К методике геохимического изучения кор выветривания. - "Литол. и полезн.ископ." 1966, № 6, с.3-18.

Лисицына Н.А. Генетические типы современных и четвертичных кор выветривания основных пород влажных тропиков. - "Литол. и полезн.ископ." 1967, № 5. с.26-49.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., "Высшая школа", 1966, 392с.

Перельман А.И. Геохимия гипергенеза. М., 1973.

Перельман А.И., Батулин С.Г. Миграционные ряды элементов в коре выветривания. - В кн.: Кора выветривания. Вып.4. М., изд-во АН СССР, 1962, с.219-260.

Черняховский А.Г. Нижнемезозойские коры выветривания Орской депрессии (Южный Урал)- "Тр. ГИН АН СССР", 1963, вып.77, с.35-61.

Пиенаар П.Дж. Докембрийские ураноносные конгломераты Онтарио. М., "Мир", 1967, 199с.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ МЕТАМОРФИЗОВАННОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАРЕЛИИ)

В свое время академик А.В.Сидоренко совершенно правильно указал на необходимость рассматривать метаморфизованные докембрийские коры выветривания в качестве самостоятельного объекта исследований. Выявление в метаморфических толщах докембрия первичных кор выветривания — задача большой научной и практической важности, имеющая немалое значение для стратиграфических построений, для познания палеогеографии и климата древнейших периодов истории Земли, специфики ее тогдашней атмосферы и направленности осадкообразования. Успешные исследования метаморфизованных кор могут способствовать правильной ориентации поисков различных рудных и нерудных полезных ископаемых в ряде докембрийских провинций.

Известно, что слабо перекристаллизованные позднедокембрийские коры выветривания обнаружить сравнительно нетрудно, в то время как обнаружение метаморфизованных кор сопряжено с определенными сложностями. Однако при расшифровке процессов физико-химического разложения пород в поверхностных условиях раннего докембрия первоочередной интерес приобретает выявление и исследование именно метаморфизованных кор выветривания. Еще И.И.Гинзбург обращал внимание геологов на то обстоятельство, что многие метаморфические породы, определяемые как первично-осадочные или даже изверженные, в действительности могут оказаться продуктами метаморфизма древних, возможно, допалеозойских кор выветривания. Поэтому всякое выявление "метаморфизованной коры выветривания" должно, как нам кажется, базироваться на комплексе геолого-морфологических, текстурно-структурных, минерало-петрографических, геохимических, рентгеноструктурных и электронномикроскопических исследований.

Опыт изучения некоторых метаморфических пород протерозоя в Центральной Карелии показывает, что часть их по совокупности данных может быть отнесена к первично-алювиальным образованиям. Чтобы исключить элемент случайности при минерало-геохимической реставрации дометаморфических профилей и иметь возможность объективно судить о характере древнейшего выветривания, изучались исходные для сланцев ("подозреваемых" в принадлежности к первично-

му элювию) породы намеренно контрастного состава: кислые (граниты, конгломераты с преимущественно гранитовой галькой) и основные — ультраосновные (диабазы, пикриты). Главные результаты по выявлению первично-элювиальных признаков исследовавшихся метаморфических образований сводятся к следующему.

Четкая геологическая позиция кварц-серицитового и серицит-хлоритового горизонтов, определяемая их неизменной приуроченностью (подчас даже в сложных структурах) к контакту нижерасположенных гранитов, диабазов, конгломератов и перекрывающих метаосадков ятулия, опровергает утверждения о том, что кварц-серицитовые и серицит-хлоритовые сланцы будто бы отражают проходящие через различные породы зоны смятия. Кроме того, такое расположение изучавшихся образований в разрезе соответствует последовательности пород в истинном профиле выветривания: т.е. материнский субстрат, горизонт собственно коры и переотложенные продукты. Многочисленность выходов упомянутых сланцев в Карелии и сопредельных областях, скорее, также служит свидетельством их бывшего регионального, площадного, чем узко локального, тектонического распространения.

В отдельных обнажениях монолитные граниты вверх по разрезу постепенно превращаются в угловатые и закругленно-угловатые фрагменты поперечников от I до 0,5 — 0,3 м и меньше. Промежутки между ними заполнены песчаникообразным кварц-серицитовым (с примесью карбонатов) цементом. Гранит в обломках серицитизирован (тем интенсивнее, чем мельче обломки). Мощность зоны гранитовой брекчии 2—3 м. Выше по разрезу эта брекчия сменяется кварц-серицитовой породой с реликтовой структурой гранита, по густой сети трещин в которой часто развиты гидроокислы железа.

Наблюдаемые гранитовые брекчии (судя по их общему строению, характеру смещения гранитов отторженцев и изменению их формы, структурно-минеральным превращениям в обломках и цементирующей массе) обладают типичными чертами делювиально-элювиальных брекчий. Элювиальная природа этих брекчий подтверждается, кроме того, неровной, ложбинообразной поверхностью нижерасположенных гранитов.

Помимо наличия брекчий, весьма важным морфологическим показателем первичного элювиального характера изучавшихся разрезов является наблюдаемый в них процесс прогрессирующего распада пегматитовых, аплитовых и кварцевых прожилков. Целый, ненарушенный вид этих прожилков в исходном граните, их все усиливающееся разрушение в зоне гранитобрекчии и в кварц-серицитовой породе с реликтовой гранитовой структурой и, наконец, полное или почти полное исчезновение в слое кварц-серицитового сланца весьма напоминают картину распада прожилков материнской породы в истинном профиле выветривания (начиная с зоны начальной дезинтеграции и вплоть до зоны гидрослюд или даже до низов зоны каолинита). Этим же интересен и сопровождаемый появлением своеобразной "теневого текстуры" процесс постепенного исчезновения гранитовой гальки вверх по разрезу (по мере развития на исходных конгломератах слоя кварц-серицитовых сланцев).

В дютулийских и ятулийских разрезах постепенное минеральное и текстурно-структурное преобразование материнских пород происходило в принципе по той же схеме, что и в постдокембрийских корах выветривания. Например, процесс

серицитизации плагиоклаза в изучаемых гранитах и гранитовой гальке (начиная с его начальной стадии, когда только отдельные чешуйки серицита развиваются по двойниковым швам и с краев таблиц плагиоклаза до конечного этапа, когда тонкочешуйчатая серицитовая масса замещает зерна плагиоклаза полностью, не оставляя даже скелетообразных их реликтов) сходен с процессом замещения полевых шпатов гидрослюдой и каолинитом в достоверно доказанных молодых корах выветривания гранитоидов. Преобразование в джытулийских разрезах биотита в хлорит, замещаемый в свою очередь карбонатом, эпидотом, сфеном, серицитом, мусковитом и кварцем (нередко с сохранением при этом сагениита и выделяющихся по трещинам спайности гидрокислов железа) происходит в том же направлении, что и в посткембрийских корах выветривания. Похоже происходит замещение плагиоклаза и амфибола в мандельштейновых диабазах (по мере того как на них развиваются серицит-хлоритовые сланцы). Наблюдаемый в джытулийских разрезах процесс коррозии и постепенного распада кварцевых зерен исходного гранита в серицитовой массе тождествен явлениям разъедания кварца глинистыми минералами в постпротерозойских корах. При этом в большинстве джытулийских профилей, несмотря на явления вторичного окварцевания, интервалам с наибольшим развитием серицитовой массы соответствует заметное сокращение валового количества кварца (почти на 20%).

Постепенный переход гранитов и конгломератов гранитных пород в кварц-серицитовые, а диабазов и пикритов - в серицит-хлоритовые и тальк-карбонат-хлоритовые сланцы сопровождается изменением их начальной текстуры: сначала в сланцеватую, а затем в текстуру, типичную для сланцев. При этом реликты кварцевых зерен (профили на гранитах и конгломератах) оказываются развернутыми по сланцеватости, а кварцевые миндалины (профили на диабазах) - сплюснутыми. Сланцеватая текстура теперешней кварц-серицитовой породы и линейная ориентировка в ней реликтов кварца (равно как и сланцевый облик серицит-хлоритовой породы) являются, по всей очевидности, результатом уплотнения джытулийского (и ятулийского) пластичного глинистого вещества при последующем региональном метаморфизме. Наличие в одном разрезе характеризующегося сравнительно небольшой мощностью (15-20 м) массивного гранита (или диабаза) и постепенно возникающей из него сланцевой кварц-серицитовой (или серицит-хлоритовой породы) - свидетельство первично-пластичного характера ее неметаморфизованного аналога. О том же, очевидно, свидетельствуют наблюдаемые в кварц-серицитовой породе своеобразные текстуры сдавливания, смятия, скомкивания или, наоборот, размазывания.

Среди конечных остаточных продуктов разложения кор выветривания одним из наиболее характерных реликтовых первичных минералов является циркон. Этот минерал, будучи устойчивым в ходе физического и химического выветривания, сохраняется в толще формирующейся коры и постепенно накапливается на фоне одновременного выноса больших масс подвижных компонентов. Весьма устойчив циркон и в метаморфических процессах. В джытулийских разрезах, начиная от материнских гранитов и гранитовых конгломератов до непосредственного контакта кварц-серицитовых сланцев с перекрывающими их кварцитами, циркон сохраняет присущую ему призматическую форму. Общее количество ZrO_2 при этом возрастает. Возрастает количество ZrO_2 и в некоторых разрезах по основным породам.

В кварц-серицитовой породе в ходе электронномикроскопических исследований обнаружены реликты кристаллов каолинита, заключенного в массе гидрослюда. Присутствие каолинита подтверждается и рентгеноструктурным анализом. Микроструктурные взаимоотношения между гидрослюдой и каолинитом свидетельствуют о более раннем возрасте каолинита и более позднем гидрослюда, что по-видимому, дает основание говорить о росте гидрослюда за счет каолинита. Существование в Финляндии залежей каолина, непосредственно перекрываемых ятулийскими кварцитами, может служить аргументом в пользу первично-элювиального происхождения изучавшихся образований.

Направленность в распределении породообразующих химических компонентов по исследованным профилям метаморфизованных кор кислого и основного ряда в целом соответствует характеру профиля выветривания. В кварц-серицитовой и серицит-хлоритовой породе по сравнению с исходными гранитами, конгломератами и диабазами наблюдается обычно уменьшение содержаний Na_2O , SiO_2 , FeO , MnO , иногда CaO и, напротив, увеличение содержаний Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , Ga , Fe_2O_3 , P_2O_5 , конституционной воды и отчасти свободного углерода. Количество K_2O (а временами и CaO и MgO) вверх по профилям возрастает, а не уменьшается. Повышенное содержание MgO и CaO само по себе является результатом некоторой карбонатности изучавшихся разрезов, проявление которой (впрочем, как и наличие скоплений вторичного мелко мозаичного и гребенчатого кварца) можно считать следствием определенной засушливости дотяулийского климата. Возможность подобного минералообразования для молодых кор выветривания, формирующихся при дефиците влажности, доказана Б.Б.Полиновым, А.В.Сидоренко, А.И.Перельманом, И.И.Гинзбургом, М.Ф.Виколовой, Н.М.Страховым. Гидроокислы железа в кварц-серицитовой и серицит-хлоритовой породе, линзы доломитов и кремней в кровле кварц-серицитового горизонта, трещины усыхания в прослоях кварц-карбонат-сланцев среди перекрывающих сланцы кварцитов — все это дополнительные подтверждения периодических ограничений влажности в ятулийское время.

Ассоциация метаморфических минералов в дотяулийских и ятулийских профилях (хлорит, серицит, мусковит, эпидот, сфен, новообразованный кварц) соответствует зеленосланцевому метаморфизму. По всей очевидности, серицит и хлорит в изучавшихся разрезах представляют собой продукты метаморфизма каолинита и монтмориллонита, возникших при древнейшем выветривании кислых и основных исходных пород. Калий, обеспечивший в процессе метаморфизма преобразование дотяулийского каолинита в серицит, мог накапливаться двояко. Частично он, по-видимому, адсорбировался появляющимся каолинитом еще при формировании дотяулийского профиля выветривания. Частично каолинит насыщался калием уже после захоронения коры под осадками ятулия (улавливая его из поверхностных и грунтовых вод, обладавших, возможно, повышенной щелочностью, вследствие некоторой засушливости ятулийского климата).

В процессе среднепротерозойской складчатости коры выветривания, возникшие в дотяулии на гранитах и конгломератах, а в ятулии — на диабазах, были метаморфизованы. Первичные гидрослюды и каолинит при этом преобразовались в диоктаэдрическую гидрослюду мусковитового типа (полиморфная модификация $2M_1$), а гидробиотит и монтмориллонит — в хлорит. Высвободившийся

при выветривании первичных минералов аморфный кремнезем был раскристаллизован, а глинистый слой рассланцован (причем реликты зерен первичного кварца в глинистой массе переориентировались по сланцеватости). Метаморфизм осуществлялся изохимически.

Таким образом, есть все основания утверждать, что кварц-серицитовые сланцы на архейско-нижнепротерозойских гранитах и сумийско-сарнилийских конгломератах в основании ятулийской толщи Карелии (так же как и серицит-хлоритовые сланцы на диабазах ятулия) представляют собой остатки древнейших площадных кор выветривания, конечный этап формирования которых совпал с климатическими условиями перехода от гумидной зоны к аридной; впоследствии они были сильно эродированы и позднее метаморфизованы в фации зеленых сланцев.

Сравнение протерозойских и постпротерозойских кор выветривания Карелии свидетельствует в целом об их геологическом, текстурном и геохимическом сходстве. Общее сходство в распределении главных химических компонентов профилей метаморфизованных и постдокембрийских неметаморфизованных кор выветривания подтверждает изохимический характер регионального метаморфизма. Отчетливое увеличение вверх по доятулийским профилям величины $Fe_2O_3:FeO$ указывает на присутствие в атмосфере протерозоя значительного количества свободного кислорода — активнейшего агента химического выветривания. Поскольку выясняется, что в протерозое продукты выветривания исходных пород оставались такими же, как и в более поздние периоды, есть основания полагать, что характер процессов физико-химического выветривания с протерозоя до кайнозоя существенно не изменился.

В заключение перечислим факты, позволяющие рассматривать изучавшиеся доятулийские и ятулийские разрез в качестве профилей древней коры выветривания:

1. Многочисленность на территории Карелии и Финляндии отдельных обнажений исходных пород и развитых на них метаморфических сланцев как свидетельство в прошлом площадного, регионального распространения этих образований.

2. Наличие зон начальной дезинтеграции материнских гранитов (гранитовые брекчии с кварц-карбонат-серицитовым цементом).

3. Постепенно нарастающий распад в пределах гранито-брекчии и в слое кварц-серицитовой породы пегматитовых, аплитовых и кварцевых жил, которые в неизменном материнском граните сохраняют ненарушенное строение; процесс своеобразного "таяния" гальки гранитов в кварц-серицитовой породе по мере развития последней на исходных конгломератах.

4. Усиление снизу вверх по разрезу процессов серицитизации (и карбонатазации) плагиоклаза, хлоритизации биотита и амфибола, коррозии кварца, постепенного рассланцевания возникающей кварц-серицитовой и серицит-хлоритовой породы с переориентировкой в ней реликтов кварца и расплощиванием миндалин.

5. Стабильность призматической формы кристаллов циркона по всему разрезу от исходного гранита до верхов зоны кварц-серицитового сланца с одновременным увеличением содержания ZrO_2 .

6. Наличие реликтов каолинита в массе серицита (что подтверждается данными электронномикроскопических и рентгеноструктурных исследований).

7. Характер распределения по разрезу главных породообразующих химических компонентов, соответствующий в целом их поведению в достоверно доказанных посткембрийских профилях выветривания.

8. Явления карбопатизации, окремнения, ожелезнения, а также наличие кремневых и карбонатных образований, трещин усыхания, что свидетельствует, по-видимому, о некотором дефиците влажности в конечный этап формирования ятулийских кор выветривания.

В.М.ЧАЙКА

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ И ТЕКТОНИКА

Можно ли в истории земной коры выделить периоды, которые характеризовались бы преобладающим погружением или преобладающим поднятием? Конечно, можно. В истории, начиная с рифейской эры, несмотря на то что, как мы видели, погружение было прогрессивным, все-таки выделялись какие-то эпохи, когда поднятия были достаточно широко распространены. Я уже говорил, что это эпохи, следующие за замыканием геосинклинальных областей.

Н.С.ШАТСКИЙ. ИЗБР.ТРУДЫ.

Т.1У. "НАУКА", 1965, с.72

ИСТОРИЯ И СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Признаки кор химического выветривания в глубоком докембрии были выявлены геологами еще в XIX в. Однако геологи часто высказывали сомнения в отношении элювиального происхождения этих предполагаемых кор выветривания и считали их "эфемерными" образованиями, не играющими существенной роли в летописи геологических событий далекого прошлого земной коры.

Финский геолог Г.Вяурюнен (Väyrynen , 1924), по-видимому, был первым, кто признал существование кор выветривания в раннем докембрии. Он не сомневался в том, что каолилитовые слабо метаморфизованные породы Пуоланки в финской Карелии являются мощной (свыше 60м) корой химического выветривания непленнизированного гнейсового Карельского массива и, более того, утверждал, что эта кора очень древняя, что она подстилает геосинклинальный комплекс карелид. Уже позже выяснилось (Väyrynen , 1954), что эта площадная кора, развитая вдоль западной окраины Карельского массива, к югу от Пуоланки (фация Кайнуу), действительно является ятулийской, постепенно переходит в

глубоко метаморфизованную кору, представленную слюдястыми пиррофиллитовыми и кианитовыми сланцами.

Впоследствии в геологии докембрия возникла и надолго утвердилась ложная аксиома о корях выветривания как о специфичных, редко встречающихся породах, изолированных от пород самого осадочного чехла — показателях особой стабильности цоколя докембрийских платформ.

Так, например, канадские геологи считали, что развитые под гуроном Канадского щита коры выветривания служат косвенным свидетельством существования там "стабильной платформы" (Gill, 1952; Stockwell, 1957). Это мнение разделяет и Е.В.Павловский (1962), много работавший в области сравнительной тектоники Канадского щита.

Судя по множеству современных публикаций иностранных авторов, докембрийские коры выветривания по-прежнему занимают у них весьма скромное место в анализе и синтезе геологических данных. В лучшем случае результаты изучения кор используются для высказывания различного рода умозрительных представлений о палеоклиматах докембрия. Что касается тектоники, то здесь факт наличия докембрийских кор выветривания привлекается лишь как дополнительное доказательство существования режима "стабильных платформ".

Коренная переоценка роли и значения докембрийских кор выветривания в структурах докембрия и в докембрийском породообразовании началась 10–15 лет назад, когда в рамках геологии докембрия трудами академика А.В.Сидоренко возникло и оформилось новое литогенетическое направление, основанное на историко-геологическом принципе (Сидоренко, 1969). Образовалась новая ветвь геологической науки — осадочная геология докембрия. В названии этой новой ветви геологии А.В.Сидоренко удачно подчеркнул ее связь с материнской, а не с дочерними науками.

В создании осадочной геологии докембрия главная конструктивная роль принадлежала новым важным эмпирическим обобщениям, полученным при литологическом и литогенетическом изучении докембрия Кольского полуострова и других докембрийских провинций СССР (Сидоренко, Лунева, 1961, 1967; Лунева, 1963; Корякин, 1966; Чайка, 1960, 1966 и др.). Появлению этих эмпирических обобщений предшествовала большая работа по созданию новых методик изучения глубоко метаморфизованных пород и диагностики докембрийских кор выветривания. После разработки и успешного применения методики "снятия метаморфизма" стало ясно, что многие кристаллические породы докембрия первоначально являлись преимущественно осадочными образованиями, мало чем отличающимися от современных осадков.

Но наиболее интересные выводы были сделаны при изучении фациальных взаимоотношений метаосадочных пород докембрия с сохранившимися реликтами метаморфизованных кор выветривания, смежных (по структурному и стратиграфическому положению) с толщами метаосадочных пород как бывших продуктов перестроения коры выветривания. Результаты этих исследований, по существу открыли новую эпоху в изучении проблемы докембрия. Они создали все необходимые предпосылки для широкого использования при расшифровке геологической истории докембрия современной методологии, включая формационный и палеогеографический анализ.

Как известно, историко-геологический метод разработан применительно к фанерозою трудами советских тектонистов, главным образом академика Н.С.Шатского, его учеников и последователей. Н.С.Шатский неоднократно подчеркивал, что историко-геологический метод правильнее называть тектоническими, поскольку только современная тектоника в состоянии дать глубокий и всесторонний синтез всех имеющихся геологических знаний. Представляется, что можно провести определенную параллель между целями и задачами осадочной геологии докембрия и целями и задачами современной тектоники и признать, что многие проблемы осадочной геологии докембрия являются проблемами тектоническими.

Тектоника – самая старая и в то же время самая молодая геологическая наука (как о ней писал Н.С.Шатский; 1965, стр.61) – вначале была наукой, описывающей и изучающей геологические структуры как таковые, без рассмотрения вещества горных пород, составляющих эти структуры. Более самостоятельной и причем исторической геологической наукой тектоника стала тогда, когда в начале 40-х гг. текущего столетия советские исследователи в учении о геологических формациях объединили тектонические структуры с веществом. Разработка этого учения была предопределена выдвинутыми требованиями к тектонике как науке, призванной решать главную народнохозяйственную задачу изучения общих закономерностей размещения и образования полезных ископаемых. Решение этой главной задачи потребовало интенсификации усилий в деле составления тектонических карт (Яншин, 1966), что, по существу, знаменовало собой переход тектоники на новый качественный этап. Однако, главная цель, к которой стремилась тектоника, что оставалась еще недостижимой, недоступной для методов формационного анализа и сравнительной тектоники. Чтобы главная цель была достигнута, нужны были "завоевания" тектоникой глубинных коровых и подкоровых сфер Земли. Родилась новая "коровая" тектоника, занявшаяся решением многих задач геологии и петрологии земной коры и подкоровых мантийных глубин. Таким образом, современная тектоника превратилась в науку глубокого геологического анализа и синтеза, а ее достижения стали "питать" все ветви геологии, включая геологию докембрия.

В области изучения геологических формаций тектоникой сделано очень многое. Достаточно сказать, что на основе данных формационного анализа были составлены все современные тектонические карты СССР и мира. Но в связи с переходом на новый, "глубинный" этап, тектоника "за неимением времени" оставила разработку ряда важных проблем, хотя и поставила их на обсуждение. Одной из таких важных проблем является проблема структур орогенного класса, другая, еще более важная, проблема относится к области изучения геологической истории докембрия и включает вопрос о докембрийских пенепленах и корях выветривания как структурно-тектонических и формационных категориях.

Отсюда отнюдь не следует, что вопрос об орогенных областях и формациях коры выветривания считался тектонистами второстепенным. Наоборот, он был самым главным, но наиболее трудным, о чем свидетельствуют последние работы Н.П.Хераскова (1967), посвященные проблеме орогенных областей и формаций орогенного класса. Если этим выдающимся геологом были даны первые описания орогенных формаций на примере рифейского комплекса отложений, то к выделению

и пониманию геотектонической позиции орогенных областей он только подошел, дав блестящий анализ состояния проблемы.

Автор знает, какой живой интерес вызвали у Н.П.Хераскова сообщаемые ему данные о строении и составе рифейских аркозовых формаций и титано-цирконовых россыпей Урала и Сибири в 50-60-е годы (в годы, когда автор занимался их изучением). Отличаясь особой широтой научных интересов и духовной щедростью, Н.П.Херасков охотно делился своими мыслями, значительно опережавшими время. Только сейчас, по прошествии 10 лет со дня его безвременной кончины, можно понять, как много было сделано этим блестящим ученым в решении рассматриваемой проблемы.

Н.П.Херасков был одним из первых исследователей, понявших, что коры выветривания как предмет историко-геологического анализа имеют исключительно большое значение и их роль далеко не ограничивается фиксацией состояния "стабильной платформы". Он был первым, кто понял, что коры выветривания - не просто элювиальные породы тектонически спокойных эпох, но особые и важные литодинамические комплексы специфического режима тектонической активности как платформенных, так и геосинклинальных структур (в смысле связи этих структур с орогенным этапом геосинклиналей).

В.Н.Разумова и Н.П.Херасков писали по этому поводу следующее (Разумова, Херасков, 1967, стр.164-165): "Прежде всего отметим, что, очевидно, нельзя говорить об одной формации коры выветривания. Коры выветривания появляются как в платформенных, так и в геосинклинальных условиях, характеризующих разные стадии развития этих структур. Таким образом, какой-то заведомо единой формации коры выветривания не существует. Еще важнее, что рассматривая формацию как закономерный парагенез пород, нельзя отделить кору выветривания от продуктов ее перемыва. В зависимости от геологических условий парагенетические связи между корой выветривания и продуктами ее перемыва сильно меняются. И, как выше было показано, особенности этих соотношений являются важнейшими признаками, характеризующими отдельные типы кор выветривания. В корях выветривания, развивающихся в основании платформенного чехла, значение самой коры выветривания столь велико, что такую кору выветривания с продуктами ее ближнего перемыва, несомненно, нужно выделять в самостоятельную формацию".

Н.П.Херасков определил важнейшие геологические условия, при которых могут развиваться и сохраняться мощные коры химического выветривания, - это благоприятное соотношение интенсивности, глубины выветривания и минимального размыва кор. Указанным условиям, как сейчас становится все более понятным, лучше всего удовлетворяют вообще все крупные воздымающиеся пенепплены (достижение лучшего дренажа пород водами), и в частности области глыбовой тектоники перерождающихся пенеппленов-сводов.

К близким выводам об областях сводовых поднятий как главной форме проявления пенеппленов, поверхностей выравнивания и кор выветривания пришел Н.В.Корешков (1960). Не затрагивая тектонических взглядов И.В.Корешкова на сводовые поднятия как самостоятельные структуры, равные по значению геосинклинальным, следует сказать, что его работа содержала исключительно ценный аналитический материал. Думается, что вывод И.В.Корешкова об определяющей роли

сводовых поднятий в истории денудационных процессов образования пенеппенов и кор выветривания, обусловленных сводообразующим процессом, представляет собой важнейшее достижение этого ученого.

Вот эти эмпирические обобщения и выводы были сделаны тектонистами к тому периоду, когда литологи-докембристы, пользуясь методами сравнительного литогенетического анализа, доказали широкое распространение в докембрии щитов и кристаллических массивов кор выветривания (обычно сильно метаморфизованных) и продуктов их перемыва и перетолжения. Однако в тот период достижения геотектоники в вопросах геологической истории происхождения и развития структур и формаций докембрийских кор выветривания не могли быть использованы, поскольку в области литологии докембрия делались лишь первые шаги.

В истекшие 10-15 лет развитие осадочной геологии докембрия ознаменовалось главным образом разработкой методики и диагностики, выявлением и литологическим изучением метаморфизованных осадочных пород и кор выветривания докембрия. В эти же годы был начат предварительный сбор и обобщение накапливаемых как в СССР, так и за рубежом данных о докембрийских корах выветривания и метаосадочных породах как таковых.

Естественно, что в этот сугубо "описательный" период становления нового направления в геологии докембрия внимание геологов было направлено лишь на изучение самих кор выветривания. В отношении их роли в докембрийском породообразовании удалось сделать лишь самые общие выводы, в частности констатировать, что в строении и составе метаморфического цоколя платформ роль кор выветривания весьма существенна. Региональные исследования докембрийских кор выветривания и осадочных формаций, безусловно, и сейчас еще далеки от завершения и, может быть, поэтому оцениваются как весьма скромные (Кратц, 1974) на фоне огромного потока чисто петрографических исследований докембрия.

Но успехи тектоники торопили нас, и мы к середине 60-х гг. вынуждены были заняться предварительной систематикой накопленного материала по докембрийским корам выветривания. Необходимо было найти какую-то весьма общую и относительно простую модель строения разреза докембрия, чтобы попытаться систематизировать имеющийся материал. Необходимо было выделить какие-то условные эпохи докембрийского выветривания и определить их возраст методами радиогеохронологии. Вначале в глубоком докембрии была выделена всего одна единая для многих материков эпоха пенеппенизации и докембрийского выветривания (Чайка, 1965). Как впоследствии выяснилось, эта эпоха (конец раннего протерозоя) действительно является важнейшим историко-геологическим рубежом появления первых консолидированных участков в геосинклиналях архея-нижнего протерозоя.

Затем в процессе углубления наших знаний о докембрийских корах выветривания и эпохах денудации удалось выделить несколько таких эпох (Сидоренко, Чайка, 1970), которые условно считались равновеликими и синхронными для всех материков. За основу составления указанной схемы геохронологического размещения докембрийских пенеппенов и кор выветривания была взята известная модель геохронологического расчленения докембрия, разработанная радиогеологами (Gastil, 1960; Войткевич, 1961; Тутаринов, Войткевич, 1966) по принципу выделения синхронных эпох тектоно-орогении. При этом допускалось, что за

указанными эпохами следовали более кратковременные эпохи континентальной денудации и планации орогенных областей — образования пенеппенов и кор выветривания.

Уже при составлении рассматриваемой схемы были широко использованы эмпирические выводы тектоники о приуроченности эпох континентальных перерывов и кор выветривания к этапам установления платформенных условий. Принятие циклической концепции в духе Г.Штилле явилось следствием того общего подхода к систематизации имевшихся в нашем распоряжении немногочисленных данных о докембрийских корях выветривания и их приуроченности к пенеппенам, который лучше всего удовлетворял авторов на раннем этапе изучения проблемы.

В дальнейшем потребовалось более широкое привлечение данных региональной геологии и сравнительного тектонического анализа, необходимых для получения более обоснованной картины действительной истории геологической эволюции земной коры в аспекте развития осадочной геологии докембрия. Решено было пойти теми путями геологического анализа и синтеза, которыми шла геотектоника. Начались региональные исследования в типоморфных провинциях СССР и зарубежных территорий, где докембрийские пенеппены, поверхности выравнивания и коры выветривания были уже установлены, а хорошая геологическая изученность способствовала скорейшему и более успешному решению проблемы.

Так, на примере докембрия Северной Африки (где структуры и формации наиболее важного для понимания проблем докембрийской геологии рифейского структурообразующего этапа характеризуются хорошей обнаженностью и наиболее полным развитием) нами была выяснена действительная картина размещения и образования палеоландшафтов допалеозойской коры выветривания. В этой работе мы следовали лучшим традициям сравнительной тектоники, с тем чтобы иметь необходимый аналитический материал для более обоснованных выводов и быть гарантированным от влияния ложных идей, столь часто возникающих в наш век бурного развития геологических знаний.

ТИПОМОРФНАЯ ПРОВИНЦИЯ САХАРЫ

Рифейский фундамент Африканской платформы обнажается на юге центральной части Сахары (Алжир, Мали, Нигер), в Ахаггаре, на западе в Мавритании и на востоке в Ливии и Чаде. Горная страна Ахаггар явилась главной областью проявления рифейского тектогенеза, впоследствии она была омоложена альпийским орогенезом. Площадь Ахаггара свыше 550 000 км². Здесь представлены существенно позднерифейский или байкальский глыбово-складчатый комплекс и синтетектонические интенсивно гранитизированные и метаморфизованные гранитные плутоны. Этот регион входит в состав огромной геосинклинали складчатой системы африканских рифейд, протягивающихся через весь континент от Анти-Атласа до южных отрогов Капских гор (Сабу, 1972), а также далеко на восток, за зону Великих рифтов (Штрейс, 1964; Божко, 1969; Clifford, 1972).

Горная область Ахаггара представляет крупный пострифейский свод-пенеппен, имеющий в плане форму изогнутого в средней части эллипса, обращенного выпуклостью на север. Указанная форма — следствие движений трех крупных глыб

фундамента (западная глыба Танезруфта-Ин-Узала, центральная глыба Таманрасета-Амадрора и восточная глыба Тазата), втянутых в сводообразование. На границах блоков в период максимального растяжения сводового поднятия образовались рифтогенные троговые опускания, выполненные мощными орогенными формациями с большим участием кислых риолитовых лав и итнимбритов. Трoghi были заложены в вендомии; поздний вулканизм проявлялся и в раннем кембрии; возраст магматических пород трогов оценивается в 640-520 млн.лет (Gravelle ,1972).

В альпийский этап на байкальском сводовом поднятии были заложены унаследованные высокогорные ступенчатые сводовые поднятия, отмеченные значительными проявлениями вулканизма и вулканоплутонизма кислого, щелочного, щелочно-ультраосновного и базальтового состава. Заложение вторичных сводов происходило в меловое и третичное время; значительный вулканизм проявился и в древнечетвертичное время (Bordet ,1952,1955; Colin ,1969). С растяжением сводов связаны образование рифтовых зон Ахатгара и проявления молодого вулканизма и вулканоплутонизма; здесь наблюдается исключительно интересная унаследованность вулканов центрального типа кембрийского и мелового возраста. Так, огромный центральный вулкан Телертебы состоит из двух кальдер, вложенных друг в друга: наружной кембрийской и внутренней позднемеловой (Lelubre ,1952; Bordet ,1955).

Склоны основного байкальского свода плавно, а иногда ступенчато погружаются под гравелито-песчаниковые отложения ордовикского (арениг) осадочного чехла так называемых внутренних тассилей^х) (Beuf et al.,1971). Базальные толщи чехла всюду залегают на сильно размытой, вплоть до выветрелых гнейсов подложия, каолиновой коре выветривания. В зависимости от характера рельефа этого гранито-гнейсового подложия, тектонических движений блоков и глубины денудации мощность коры выветривания колеблется от I м и менее (у контакта тассилей с фундаментом) до 60м и более (в приподнятых блоках фундамента, выступающих из-под отложений чехла на склонах свода). В этих удаленных и полных разрезах коры выветривания устанавливаются все зоны элювиального профиля, тогда как у контакта фундамента с чехлом устанавливается только нижняя, сильно размытая зона элювия.

Гравелиты и грубые кварцевые песчаники основания ордовикского осадочного чехла залегают трансгрессивно и со стратиграфическим несогласием (Lelubre, 1952; Beuf et al. ,1971) на сильно выветрелых породах кристаллического фундамента и реликтах коры выветривания. Для базальной части отложений чехла характерны свидетельствующие о продолжающемся поднятии свода регрессивные разрезы и прибрежно-морские фации. В более удаленных от контакта с фундаментом участках между базальной пачкой и корой выветривания появляются грубые косослоистые песчаники, гравелиты и мелкообломочные кварцевые конгломераты -

^х)Тассили - местное африканское название горных гряд, окружающих выступы докембрийского фундамента платформы.

продукты ближнего перемыва коры выветривания. Они представляют фации делювиально-аллювиальных, аллювиальных и пролювиальных отложений, локализованные в широких палеодолинах. С ними связаны титаново-редкометалльные россыпи палеодолин, спускающихся по склонам свода и приуроченных к разломным зонам в фундаменте.

Таким образом, здесь на больших пространствах и причем непосредственно наблюдается формация предпалеозойской коры выветривания, в составе которой принимают участие кора выветривания и продукты ее ближнего перемыва и переотложения — кварцевые конгломераты и гравелиты, грубые кварцевые песчаники и россыпи. В своем полном виде указанная формация выявляется на наиболее удаленных от современных границ сводового поднятия участках, представляющих выступы фундамента на склонах свода (район Тахаггарта на юге Ахаггара). Кора выветривания повсеместно на протяжении многих сотен километров залегает на пенеппенизированном кристаллическом фундаменте в виде гигантского плаща, перекрывающего склоны свода и образующего иногда глубокие "карманы" в зонах разломов, а также "заливы" внутри разломных зон, далеко проникающих в сводовое поднятие.

Выше уже отмечалось, что морфология Ахаггарского сводового поднятия отнюдь не так проста, как это обычно считают исходя из смыслового значения термина "свод". Весьма неправильная в плане форма сводового поднятия Ахаггара — результат унаследованности растущими сводами глыбовых и складчатых структур рифейд-байкалд. О том, что сводообразование выражалось прежде всего в движении отдельных структурных блоков, а не в плавном изгибании коры, свидетельствуют многочисленные факты образования узких "заливов" тассилей, проникающих иногда на многие сотни километров в Ахаггар в направлении зон разломов в фундаменте. В этих "заливах" под отложениями тассилийского чехла выделяются протяженные и мощные линейные коры выветривания, которые, выходя к границам сплошного распространения площадной коры выветривания, сливаются с нею в едином комплексе предпалеозойских площадных и линейных кор выветривания. Указанный комплекс как нельзя лучше отражает довольно активный тектонический режим, при котором шло образование этого комплекса.

Более локальные, но резко контрастные по характеру движений блоков, молодые альпийские сводовые поднятия Ахаггара и Тибести выражены в Сахаре высокогорными ландшафтами типа столовых гор, увенчанными поверхностями выравнивания, перекрытыми потоками базальтов. Наиболее молодой древнечетвертичный вулканизм Ахаггара относится к периоду формирования современного горного рельефа страны, о чем свидетельствуют потоки лав в долинах уэдов и по террасам древней речной сети периода ранней "тассилийской" цивилизации Сахары (I2-I4 тыс. лет назад).

На горных плато (поверхностях выравнивания), где сохранились участки, не перекрытые потоками и покровами лав, отмечаются реликты древней предпалеозойской коры выветривания, иногда перекрытые реликтами осадочного чехла тассилей (район Серуенута на севере Восточного Ахаггара). Часто на них наложена молодая неогеновая и древнечетвертичная кора выветривания эпох планации молодых сводов. Последние коры выветривания являются существенно красноцветными

ми латеритными, сложенными сиалитным глинистым материалом с существенным участием пещлов — карбонатных и сульфатных компонентов. Получены достоверные доказательства того, что указанные коры образовались в условиях активной газовой эксплозивной деятельности вулканов. С этими корами ассоциируют продукты перемыва коры — полимиктовые конгломерато-брекчии с валунами, гальками и обломками пород разного состава и различной степени выветрелости (заимствование материала более древних конгломератов), а также россыпи широба, пикроильменита, золота и алмазов.

Орогенному сводообразующему этапу байкалид Сахары отвечало крупное поднятие Мавританского кратона афебия (архей-нижний протерозой). Это — крупное сводовое поднятие, центральная часть которого (впадина Тауденни) опущена и выполнена отложениями позднего рифея и вендомия, а южная часть приподнята в виде Либерийско-Гвинейского щита. Мавританский кратон испытал региональное поднятие в конце вендомия и нижнем кембрии, когда в соседней рифейской геосинклинали происходил орогенез и образовались сводовые поднятия Ахаггара и Нигерии-Дагомеи. В северной части кратона (Эглаб) возникло внутрикратонное пологое сводовое поднятие, образование которого сопровождалось мощным риолитовым вулканизмом и вулканоплутонизмом. Таким образом, здесь налицо несомненное воздействие геосинклинального орогенеза на соседнюю платформу, приведшее к ее общему воздыманию и проявлению платформенной сводообразующей тектоники.

В процессе поднятия кратона были сформированы древнейшая денудационная поверхность и огромный пенеппен с площадными мощными корами выветривания, следы которого сохранились на западе Мавритании и в окружении впадины Тауденни (Travaux..., 1972). Этот пенеппен формировался очень длительное время, отвечающее всему платформенно-орогенному этапу развития сводовых поднятий внутри геосинклинальной системы рифеид.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА ОБЛАСТЕЙ СВОДОВЫХ ПОДНЯТИЙ И ПЕНЕППЕНОВ

Аналогичные ахаггарскому поднятию сводовые поднятия орогенных байкалид известны внутри всей обширной области рифейской геосинклинальной системы Африки: на территории Нигерии (междуречье Нигера и Бенуэ), Марокко (Анти-Атлас), Ливии (сводовые поднятия Фецана, Харуджа и др.), Чада (свод Тибести и Эннеди). На территории Республики Конго, Заира, Замбии и на смежных территориях Центральной Африки расположено огромное сводовое поднятие кратона Конго, где унаследованным сводообразующим процессом оказались захвачены збурнейская протоплатформа и древнейшие кибарские структурные этажи рифеид. На территории Восточной Африки и Аравийского полуострова размещается аналогичная, но сильно нарушенная молодым альпийским сводообразующим процессом и рифтообразованием Афро-Аравийская область сводовой байкальской и альпийской тектоники и рифтов. Центр раннего байкальского сводового поднятия мы находим на территории Судана и Эфиопии. Мозамбикский пояс рифеид (Божко, 1969, Holmes, 1951, Black, 1967) характеризуется наиболее четко выраженными сводовыми поднятиями; они известны в Танзании (плато Униамбези, Угого и

др.), Кении (плато Абердар и др.), Уганде (среднее плато), Малави и Мозамбике. Столь же характерны байкальские (дамарские) сводовые поднятия Южной Африки. Во всех указанных сводах отмечаются обширные эпибайкальские поверхности выравнивания и связанные с ними коры выветривания.

Сохраняя многие черты морфоструктуры типоморфной области сводовых поднятий, поверхностей выравнивания и кор выветривания Сахары, орогенные сводовые поднятия рифейд в разных районах рассматриваемой геосинклинальной системы различны по особенностям морфологии, полноте развития, возрасту поверхностей выравнивания и кор выветривания, а также по особенностям унаследованных альпийских поднятий, их возрасту и характеру магматизма – вулканизма. Это является отражением региональных различий в проявлении орогенной стадии геосинклинального процесса.

Указанные различия обусловлены асинхронностью структурообразования внутри геосинклинальной системы африканских рифейд. Развитие этой системы, проявление в ней рифейской орогенной стадии, а также последующих альпийских орогенеза и магматизма происходило в общем с запада на восток и с юга на север. Так, например, сводовые поднятия, поверхности выравнивания и коры выветривания в Нигерии являются более древними, чем в Центральной Сахаре, и еще более древними, чем в Танзании, Кении и Уганде.

Таким образом, на примере рифейд Африки четко устанавливается пространственная и генетическая связь сводовых поднятий с завершающей стадией развития геосинклинали. Поверхности выравнивания и коры выветривания как бы фиксируют полную консолидацию геосинклинали, денудацию горных сооружений и установление платформенного режима в дооренепалеозойское время. Однако унаследованность альпийских сводов и рифтов областей бывшей байкальской складчатости и особенно повсеместный гипервулканизм сводов и рифтов показывают, что "корни" геосинклинальной системы длительное время, в течение всего фанерозоя, продолжали оставаться весьма тектонически и магматически активными.

Сравнительное изучение тектонически активных орогенных областей африканских рифейд показывает, что выделяемые внутри сводовых поднятий региональные поверхности выравнивания и коры выветривания не являются абсолютно синхронными, а располагаются в определенном хронологическом интервале консолидации различных частей геосинклинали, происходившей в разное время. На более молодом альпийском этапе формирование поверхностей выравнивания и кор выветривания происходило с юга (Нигерия) до ранне-четвертичного времени (Ливия, Эфиопия). Поэтому применительно к орогенным геосинклинальным областям можно говорить лишь об общей синхронности поверхностей выравнивания и кор выветривания.

На примере Африки хорошо видно, что орогенный этап и денудация не ограничиваются собственно геосинклинальной системой. Байкальский орогенез геосинклинали привел к значительным поднятиям и платформенному сводообразованию на соседних африканских кратонах. В этих условиях шло образование крупнейших, синхронных для всей площади кратонов, пещленов и кор выветривания. На результаты изучения этих пещленов и связанных с ними мощных площадных кор выветривания мы в основном и опирались при составлении схемы геохронологического размещения кор выветривания в докембрии континентов (Сидоренко, Чайка, 1970).

Единые докембрийские пенелены и коры выветривания кратонов Африки (Мавританского, Конго, Родезии и Танзании) развивались в отличие от пенеленов (поверхностей выравнивания) и кор выветривания орогенных геосинклинальных областей весьма длительное время, охватывающее весь орогенный и платформообразующий этап геосинклинали. Поэтому единым пенеленам кратонов соответствуют разновозрастные региональные поверхности выравнивания и коры выветривания геосинклинальных систем.

Наиболее яркой иллюстрацией вышеизложенных особенностей происхождения пенеленов и поверхностей выравнивания с корами выветривания на платформах и в геосинклинальных областях является структурное размещение докембрийских кор выветривания в зоне сочленения карелид Балтийского щита с Карельским массивом. Здесь в Карельском массиве единому ятулийскому пенелену (Väyrynen 1954, Негруца Т., Негруца В., 1975) соответствуют многочисленные уровни кор выветривания внутри соседних карелид (Харитонов, 1966) — факт, не нашедший должного объяснения при принятии первоначальной циклической концепции телесинхронных пенеленов.

В этой связи особое значение приобретает изучение стратиграфического и структурного положения региональных кор выветривания и их материнских структур, результаты которого позволят составить наиболее полное представление о геологической истории докембрийских структур и формаций (статья А.В.Сидоренко в данном сборнике).

ГЛАВНЫЕ ЭПОХИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПЕНЕЛЕНОВ И КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Таким образом, устанавливается совершенно определенная связь докембрийских пенеленов, поверхностей выравнивания и кор выветривания с орогенной сводово-глыбовой стадией развития геосинклиналей, а отнюдь не со всеобщими телесинхрониями земной коры, как это считалось ранее. Так что все выделяемые эпохи докембрийских пенеленов и кор выветривания следует рассматривать как проявления геосинклинального орогенеза.

Уже в процессе составления схемы геохронологического размещения кор выветривания в докембрии (Сидоренко, Чайка, 1970) начала вырисовываться определенная неравнозначность масштабов и асинхронность уровней коры выветривания. В свое время (Чайка, 1965) автор выделял в глубоком докембрии лишь одну телесинхронную эпоху выветривания на уровне примерно 2000 млн. лет (граница нижнего протерозоя и рифея). И действительно, упомянутая эпоха выделена в докембрии континентов почти повсеместно; она проявилась, судя по описаниям соответствующих континентальных перерывов и кор выветривания в отечественной и зарубежной литературе весьма значительно. Эта эпоха совпадает с тем "переломным" этапом истории докембрия, в который началось заложение рифейских геосинклиналей и возникли первые афебские кратоны (Шатский, Богданов и др., 1957). Пенелены и коры выветривания данной эпохи широко известны в докембрии СССР (Докембрийские коры выветривания, 1975). С ней связаны обширный эпиафебский пенелен и коры выветривания гурона Канадского щита

(Chown, Caty, 1973). На платформах Гондваны указанным пенеппеном и корами выветривания отмечены все африканские кратоны - Мавританский (Travaux... 1972), кратон Конго (Bonhomme et al., 1966), щиты Заира, Руанды и Бурунди (Gerards, Larersonne, 1964), кратон Родезии-Трансвааля (Button, 1973). Обширный эпифейский пенеппен известен и на Западно-Австралийском щите (Worden, Compton, 1973), где он характеризуется наличием мощных кор выветривания гранитов, а также в Индии (Кришнан, 1954) и Южной Америке (De Loszy 1973).

Вторая главная эпибайкальская эпоха образования докембрийских пенеппенов, поверхностей выравнивания и кор выветривания рассмотрена нами выше на примере африканских рифейд. При этом было показано, что существуют региональные поверхности выравнивания и коры выветривания в орогенных геосинклинальных областях и соответствующие им единные обширные пенеппены на платформах рифейского этапа.

На лавразийских, более древних, чем гондванские, платформах северного полушария, рифейский геосинклинальный этап проявился, как сейчас выясняется, в крайне слабых "эмбриональных" формах. Но и здесь шло формирование платформенных рифейских сводовых поднятий (антеклиз платформ), подобно тому, как это имело место в рифейских поднятиях Эглаба на Мавританском кратоне. Своего рода "переходной" была обширная зона юга Евразии, прилегающая к Тетису (Европа, Малая и Юго-Восточная Азия), где отмечается влияние байкальской складчатости.

В Центральной Европе известны байкальские сводовые поднятия бриовера (Krebs, Wschendorf, 1973), с ними связаны реликты предкадомского пенеппена и метаморфизованные коры выветривания (Neumann, 1974). Признаки проявления этого этапа установлены в предкембрии Шотландии (Андерсон, 1968). На щитах Фенносарматии в эту эпоху формировались сводово-глыбовые области; в Норвегии формирование такой области сопровождалось щелочным магматизмом (массив Фен и карбонатиты с возрастом 600-500 млн. лет). Рассматриваемая эпоха проявилась и на щитах Сибирской платформы и в рифейско-синийских "парагеосинклиналях" Юго-Восточной Азии, Южной Сибири и Монголии. Сводовыми поднятиями, пенеппенами, поверхностями выравнивания и корами выветривания отмечен предкембрий Северафриканской платформы. Они известны в основании мидконтинента Северной Америки (Morey, 1972) и в Аппалачах (Glover, Sibna, 1973).

Таким образом, вторая главная предпалеозойская эпоха пенеппенов, поверхностей выравнивания и кор выветривания проявилась не менее широко и полно, чем предшествующая (конец раннего протерозоя). Но в проявлении эпибайкальской эпохи определенно сказались наметившаяся к рифейскому этапу биполярность структуры земной коры (Штрейс, 1964). Если в гондванских геосинклиналях в рифейский этап еще шло формирование "гранитной коры" (между редкими платформенными массивами эбурнид, т.е. беломорид-карелид), то на евразийских платформах эта кора уже была сформирована в карельский этап и для рифейских геосинклиналей здесь, по существу, "не нашлось места".

Третья главная эпоха сводовых поднятий и связанных с ними пенеппенов, поверхностей выравнивания и кор выветривания соответствует современному эта-

пу альпийской орогении. В основной африканской провинции гондванских платформ формирование классических сводовых поднятий и рифтов имеет совершенно определенную структурную закономерность: все области молодой африканской сводово-глыбовой и рифтогенной тектоники приурочены в основном к рифеидам, причем к их наиболее молодым внутренним частям (область Мозамбикского пояса и Великих рифтов). Особенности альпийского сводообразования показаны выше на примере сахарской типоморфной области. Наиболее значительные по размерам и хорошо развитые поверхности выравнивания и коры выветривания прского, мелового и среднемиоценового возраста установлены в крупном сводовом поднятии Нигерии и Дагомеи (Faniran, 1974) и, особенно, Восточной Африки (Шубер, Фор-Мюре, 1973).

Как известно, главной альпийской структурой Земли является система Тетиса, формирование которой, по данным радиометрии, происходило в интервале возрастов 170–0 млн. лет. Считается, что главный этап альпийской орогении относится к позднему мелу – третичному периоду. В типоморфной области Западных и Центральных Альп заключительный орогенез проявился 80–65 и 35 млн. лет назад (Jager, 1973).

В этой связи особый интерес вызывают новые данные радиометрических определений возраста магматогенных цирконов Альп (Allegre et al., 1974), образующих три группы маркеров плутонизма с возрастными 2000, 580–520 и 30 млн. лет (последняя цифра отвечает возрасту наиболее поздних посттектонических гранитных плутонов Альп). Приведенные определения возраста детритовых цирконов Альпийской геосинклинали представляют собой как бы "законсервированную" информацию о возрасте главных этапов гранитного орогенного магматизма замкнувшихся геосинклинальных систем – афёбской, рифейской и палеозойско-альпийской.

Г. Менард (Menard, 1973) отмечает, что альпийская орогения проявилась на Земле в двух формах. На стабильных платформах типа Русской платформы она выразилась слабыми эпейрогеническими движениями с образованием пологих сводов, тогда как в более подвижных платформах образовались крупные и более контрастные сводово-глыбовые поднятия и рифты (Восточная Африка, Рейнская и Байкальская области). Крупный свод Восточного Забайкалья (Томсон и др., 1974) сформировался в основном в меловое время. Д. В. Лапатын (1972), изучивший рифтовую зону оз. Байкал, относит ее формирование к плиоцен-четвертичному времени. Образованию рифта предшествовали формирование Байкальского сводового поднятия и его глыбовая деградация с образованием поверхностей выравнивания и кор выветривания поздне мелового, мел-палеогенового и миоцен-плиоценового возраста. Все эти уровни прослеживаются в виде обширных платформенных пенеппленов и кор выветривания во многих регионах на территории СССР (Поверхности..., 1974). В то же время на территории СССР отмечаются и участки наиболее значительного орогенного сводово-глыбового развития (Тянь-Шань, Казахстан, Урал, Забайкалье и др.), где шло образование локальных резко выраженных ступенчатых поверхностей выравнивания и кор выветривания.

Судя по этим данным, а также учитывая данные по Африке, можно считать, что альпийский орогенез в фанерозойских складчатых поясах и областях играл ту же завершающую орогенную роль, что и байкальский орогенез на рифейском структурообразующем этапе или карельский на афёбском этапе консолидации пер-

вых геосинклинальных систем. Естественно, возникает вывод о том, что альпийские сводовые поднятия являются унаследованными по отношению к ранее существовавшим структурам геосинклиналей неогей. Это намечающаяся унаследованность коренным образом противоречит современным ультрамобилистским идеям поборников так называемой "тектоники плит".

ВЫВОДЫ

Таким образом, из накопленных к настоящему времени данных о докембрийских и фанерозойских корях выветривания, их стратиграфическом положении и связях со структурами докембрия и фанерозоя можно сделать вывод о проявлении трех главных крупнейших и относительно телесинхронных эпох (уровней), соответствующих главным перестройкам структурного плана земной коры. Первый уровень отвечает границе рифея и нижнего протерозоя (около 2000 млн.лет), второй – границе докембрия и палеозоя (600–500 млн.лет) и третий – современному альпийскому этапу развития Земли. В периоды между этими уровнями формировались крупнейшие геосинклинальные системы на заключительной стадии развития этих геосинклинальных систем происходило орогенное поднятие отдельных частей этих систем и соседних платформ. Это был именно тот этап относительно всеобщих геосинклинальных поднятий, о котором писал Н.С.Шатский (1965). Главной формой проявления данного этапа были сводовые поднятия внутри геосинклинальных орогенных систем, перерождаемые в сводово-глыбовые орогенные области. Орогенные поднятия геосинклиналей и их частей захватывали и соседние платформы.

Процессы денудации, планации и выветривания орогенных геосинклинальных областей были относительно одновременными, обусловленными неоднородностью истории геосинклиналей, "скольжением" орогенических фаз во времени. Интервал этого "скольжения" во времени для рифейских сводовых поднятий Африки был значительным – от конца позднего рифея через весь вендомий и кембрий. В указанном интервале размещаются относительно одновременные поверхности выравнивания и коры выветривания эпирифейской стадии поднятий. В то же время на втянутых в геосинклинальные орогенные поднятия обширных территориях древних платформ шло формирование синхронных (для всей данной платформы) пенепленов и мощных кор выветривания, соответствующих целому поколению поверхностей выравнивания и кор выветривания сводовых поднятий соседних геосинклиналей.

Этот вывод, сделать который представилось возможным уже на данном этапе изучения проблемы, мы считаем необходимым условием дальнейших исследований региональных докембрийских кор выветривания как категорий историко-геологического (тектонического) анализа и синтеза. Думается, что расширение и углубление изложенных выше представлений об истории развития докембрийских пенепленов и кор выветривания будет способствовать дальнейшему прогрессу осадочной геологии докембрия в той ее части, где она "стыкуется" с тектоникой.

Л и т е р а т у р а

А н д е р с о н Дж.Г.К. Докембрий Британских островов. - В кн.: Докембрий Канады, Гренландии, Британских о-вов и Шпицбергена. "Мир", 1968, с.31-106.

Б о ж к о Н.А. О существовании рифейской геосинклинальной области в Западной Африке. "Изв.высш.учебн.завед.сер.геол.", 1969, № 5.

В о й т к е в и ч Г.В. Проблемы радиогеологии. Геолтехиздат, 1961.

Докембрийские коры выветривания. ВИЭМС, 1975.

К о р е ш к о в И.В. Области сводового поднятия и особенности их развития. Госгеолтехиздат, 1960.

К о р я к и н А.С. Опыт изучения метаморфизованных докембрийских кор континентального выветривания на примере Центральной Карелии. - "Докл.АН СССР", 1966,166,№ 1.

К р а т ц К.Т. Изучение докембрия СССР (успехи и проблемы). - "Изв. АН СССР, сер.геол.", 1974, № 5, с.116-122.

К р и ш н а н М.С. Геология Индии и Бирмы. М., ИЛ, 1954.

Л а п а т и н Д.В. Геоморфология восточной части Байкальской рифтовой зоны. "Наука", 1972.

Л у н е в а О.И. Состав и источники обломочного материала конгломератов из метаморфических толщ докембрия Кольского полуострова. - "Сов.геология", 1963, № 12.

Н е г р у ц а В.З., Н е г р у ц а Т.Ф. Докембрийские коры выветривания Балтийского щита - В кн.: Докембр.коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975, с.20-2

П а в л о в с к и й Е.В. О специфике стиля тектонического развития земной коры в раннем докембрии. - В кн.: "Геология и петрология докембрия". Изд. АН СССР, 1962, с.77-108.

Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. "Недра" 1974.

Р а з у м о в а В.Н., Х е р а с к о в Н.П. Геологические типы кор выветривания и закономерности их размещения. "Тр.Геол.ин-та АН СССР", вып.77, 1963.

С и д о р е н к о А.В. О едином историко-геологическом принципе изучения докембрия и постдокембрия. - "Докл. АН СССР", 1969, 186, № 1.

С и д о р е н к о А.В., Л у н е в а О.И. К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ. Изд. АН СССР, 1961.

С и д о р е н к о А.В., Л у н е в а О.И. Значение конгломератов для познания истории докембрия (на примере Кольского полуострова). - "Сов. геология", 1967, № 6.

С и д о р е н к о А.В., Ч а й к а В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлоген.осадочн. и осадочн.метаморф.пород. "Наука", 1970, с.5-29.

Т о м с о н И.Н., П о л я к о в а О.П., К о ч н е в а Н.Т. Мега-свод Восточного Забайкалья и связь с ним нижнемелового "эпитермального" оруденения. - В кн.: Пробл.эндоген.рудообразов. "Наука", 1974, с.92-101.

Т у т а р и н о в А.И., В о й т к е в и ч Г.В. Докембрийская геохронология материков. "Недра", 1966.

Харитонов Л.Я. Структура и стратиграфия карелид восточной части Балтийского щита. "Недра", 1966.

Херасков Н.П. Тектоника и формации. "Наука", 1967.

Чайка В.М. Докембрийские титано-цирконовые россыпи рифейского поднятия и Урал-Тау. В кн.: Закономерн. размещ. полезн. ископаемых, Госгеолтехиздат, 1960.

Чайка В.М. Докембрийские аркозные формации, метаморфизованные россыпи и цирконовый метод изучения метаморфических пород и гранитов. В кн.: Пробл. осад. геол. докембрия, вып. I, "Недра", 1966.

Чайка В.М. Докембрийская эпоха химического выветривания. В кн.: Материалы совещ. по общ. вопросам закономерн. геол. явлений. I., 1965.

Шатский Н.С. Избранные труды. Т. IV. "Наука", 1965.

Шатский Н.С., Богданов А.А., Яншин А.Л. и др. Объяснительная записка к тектонической карте СССР и сопредельных стран. Масштаб 1:5000000. Геолтехиздат, 1957.

Штрейс Н.А. О происхождении Гондваны. В кн.: Гондвана. "Наука", 1964.

Шубер Ю., Фор-Мюре А. Тектоника Африки. "Мир", 1973.

Яншин А.Л. Введение к книге "Тектоника Европы". "Наука", 1966, с. 5-II.

Allegre C. J., Albarède F., Grunefelderm M., Koppelman V. $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ - $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ - $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$ Zircon geochronology in alpine and non-alpine environment. - "Contribs. Mineral. and Petrol.", 1974, 43, N 3, p. 163-194.

Beuf S., Bijou-Duval B., Charpal O., Rondon P., Garieulo., Bennocéf A. Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités évolution structurale d'un craton. Paris, 1971.

Bonhomme M., Lucas J., Millot G. Signification des déterminations isotopiques dans la géochronologie des sédiments. - "Sci. Terre", X, 1964-1965, N 3-4, 1966.

Bordet P. Les apparées volcaniques récents de l'Ahaggar. - XIX Congr. géol. int., Monogr. reg., I ser., Alger, 1952.

Bordet P. La série de Sérouenout (continental intercalaire) et son substratum Precambrien en Ahaggar oriental. - Publ. Serv. carte géol. l'Algérie (nov. ser.), Bul. N 5, Alger, 1955.

Black R. Sur l'ordonnance des chaînes métamorphiques en Afrique occidentale. - "Chron. Mines et Rech. minière", 1967, N 364, p. 226-238.

Button A. The depositional history of the Wolkberg plateau-basin, Transvaal. - "Trans. Géol. Soc. S. Afr.", 1973, N 1, p. 15-25.

Caby R. Evolution pré-orogénique site et agencement de la chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara algérien): sa place dans l'orogénèse pan-africaine en Afrique occidentale. - Corr. Précamb. Coll. int. 1970. Rabat-Paris, 1972, p. 65-80.

Chown E. H., Catty J. T. Stratigraphy, petrography and paleo-current analysis of the Aphebian elastic formations of the Mistassini-Otish basin. - "Géol. Assoc. Can. Spec. Pap.", 1973, N 12, p. 49-71.

- C l i f f o r d T . N . The evolution the crust of Africa. - Corr.Pré-cambr.Coll.int.1970. Rabat-Paris, 1972, p.29-39.
- C o l i n F . L'Histoire du volcanisme en Afrique et a Madagascar du Mésozoïque au Quaternaire (essai de récapitulation). - Univ.Abijan.Ann.facult.sci., 1969, 5, p.99-140.
- D e L o c z y L . Some problems of the tectonic framework of the Guiana Shield with special regard for the Roraima formation. - "Geol.Rdsch.", 1973, 62, N 2, p.318-342.
- F a n i r a n A . The extent profile and significance of deep weathering in Nigeria. - "J.Trop.Geogr.", 1974, 38, p.19-30.
- G a s t i l G . The distribution of mineral dates in time et space. - Amer.J.Sci.", 1960, 258, N 1.
- G e r a r d s J . , L a p e r s o n n e J . Géologie du nord-est du Rwanda et stratigraphie du burundien. - "Rep.ann.1963 Musée roy.Afr.contr. Sec.géol., mineral., paléont.", 1964, N 68.
- G i l l J . E . Mountain building in the Canadian Precambrian Shield. - Intern.geol.cong.Rep.XVIII ses.G.B., Pt.13, London, 1952.
- G l o v e r L . , S i n h a A . K . The Virginia deformation a Late Precambrian to Early Cambrian(?), orogenic event in the Central Piedmont of Virginia and North Carolina. - "Amer.J.Sci.", 1973, A273, p.234-251.
- G r a v e l l e M . Les grandes étapes de l'histoire précambrienne en Ahaggar central et centro-occidental (Sahara algérien). - Corr.Précambr. Coll.int.1970. Rabat-Paris, 1972, p.41-63.
- H o l m e s A . The sequence of Precambrian orogenic belts in South and Central Africa. - Intern.geol.cong.Rep. XVIII ses., G.B., Pt.14, London, 1951.
- J a g e r E . Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmung. - "Eclog.geol.helv.", 1973, 66, N 1, p.11-21.
- K r e b s W . , W a c h e n d o r f H . Proterozoic-Paleozoic geosynclinal and orogenic evolution of Central Europe. - "Bull.Geol.Soc.Amer.", 1973, 84, N 8, p.2611-2629.
- L e l u b r e M . Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental. - "Bull.Serv.carte géol.Algerie", 1952, N 22, v.I-II.
- M e n a r d H . W . Epeirogeny and plate tectonics. - "Trans.Amer.Geophys.Union", 1973, 54, N 12, p.1244-1255.
- M o r e y G . B . Pre-Mt. Simon regolith. - Geol.Minn.: Cont.vol., St.Paul, Minn., 1972, p.506-508.
- N e u m a n n W . Über fossile und metamorphe Werwitterungsbildungen auf dem sachsichen Granulitmassiv und seinem Rande. - "Z.geol.Wiss.", 1974, 2, N 6, p.705-713.
- S t o c k w e l l C . H . (ed.). Geology and Economic minerals of Canada. - "Econ.Geol.Series, N 1 (4-th ed.) Ottawa, 1957.
- T r a v a u x géologiques en Afrique de l'Ouest (1968-1971). - Centre Nat.Rech.Sci., Paris, 1972.
- V ä y r y n e n H . Die geologischen Verhältnisse eines Vorkommens von Kaolin im finnischen Grundgebirge. - "G.F.F.", 1924, 46, p.393.

V ä y r y n e n H . Suomen kalliopera, Helsinki, 1954.

W o r d e n J . M . , C o m p s t o n W . A Pb-Sr isotopic study of weathering in the Mertondale granite, Western Australia. - "Geochim. et Cosmochim. Acta", 1973, 37, N 12, p.2567-2576.

БОКСИТООБРАЗОВАНИЕ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ И ПРОБЛЕМА БОКСИТОВ ДОКЕМБРИЯ

Уже сравнительно давно стало ясно, что основная масса осадочных пород, в частности их главных типов, формируется за счет физического и химического разрушения продуктов выветривания и выноса растворимых веществ, т.е. за счет процессов, протекающих на земной поверхности. В этой связи очевидный (во всяком случае, для большинства исследователей) факт сложения докембрийских щитов преимущественно первично-седиментогенными породами принципиально такого же литолого-минералого-геохимического типа, что и фанерозойские, показывает, что проблема кор выветривания в докембрии не альтернативна и что пора перестать удивляться тому обстоятельству, что коры выветривания есть и в докембрии, а искать их, выявлять и тщательно исследовать. Естественно, что в силу известной эфемерности кор выветривания, их сохранность и, соответственно, распространенность в разрезах докембрия ограничена.

Давая общую оценку процессов и продуктов выветривания в докембрии (для которых характерны, с одной стороны, обычность переотложенных и оставшихся элювиальных образований, а с другой — полное отсутствие сколько-нибудь необычных, экзотических продуктов гипергенеза), мы приходим к совершенно определенному выводу о принципиальном сходстве этих процессов с гипергенными процессами, протекавшими в фанерозойское время. Факту очевидного отсутствия экзотических пород даже среди древнейших седиментогенных образований мы вообще придаем чрезвычайно большое значение, поскольку это означает, что даже самые ранние по возрасту продукты гипергенеза в истории Земли не указывают на существование в то время так называемой "тяжелой, примитивной" атмосферы. Этим мы ни в коем случае не подвергаем сомнению теоретическую обоснованность существования подобной атмосферы на ранних этапах становления Земли и земной коры. Мы просто хотим подчеркнуть, что сейчас, во всяком случае, нет никаких оснований считать самыми ранними седиментогенными образованиями планеты даже древнейшие из выведенных на поверхность осадочных пород.

Представляется, что такие слои, такие породы лежат значительно глубже, намного стратиграфически ниже известных нам даже самых древних пород и что они еще не достигнуты человеком.

Проблема эволюции бокситообразования в истории Земли привлекла к себе внимание геологов сравнительно поздно (относительно проблемы исследования бокситов вообще). Впервые к ней обратился в 1948г. Н.М.Страхов, который впоследствии в серии известных монографий, развив свои ранние представления, пришел к выводу о том, что бокситообразовательный процесс был для докембрия, по всей вероятности, столь же характерным, как и железорудный и марганцеворудный процессы. Н.М.Страхов анализировал эту проблему исходя из относительной общности проявлений в земной коре триады $Al - Fe - Mn$.

В самое последнее время интерес к проблемам эволюции бокситообразования в истории Земли, безусловно, резко повысился. Уже стали достоянием научной общественности и находятся в печати работы Г.И.Бушинского, Д.Г.Сапожникова, В.П.Петрова, Б.М.Михайлова, В.А.Броневого, В.И.Сиротина, С.Т.Акамова. Эти исследователи, анализируя данную проблему с разных сторон и с различной полнотой, обнаруживают одновременно большую дискуссионность многих основных положений, лежащих в основе их работ. Хочется подчеркнуть, что из самых последних исследований выделяются своим серьезным подходом к рассмотрению вопросов геологии, и в частности проблемы формаций, работа Б.М.Михайлова (1974), а своим оригинальным физико-химическим анализом - работа В.А.Броневого (1974).

Попытки такого рода анализа предприняты и автором данной работы (Теняков, 1974, 1975).

С нашей точки зрения, в рассматриваемой проблеме к настоящему времени выявились следующие основные сложные и дискуссионные вопросы:

- вопрос о реальности существования хотя бы даже в отдельные древнейшие эпохи осадочных хемогенных месторождений бокситов, связанных с выветриванием;
- вопрос о роли в процессе латерито- и бокситообразования живого и органического вещества (этот вопрос приобретает особое значение в связи с высказанным предположением о появлении наземной растительности лишь в девоне);
- вопрос об изменении фациальных обстановок накопления бокситов в течение геологического времени;
- вопрос о возможности связи бокситов геосинклинальных областей с вулканогенными или эндогенными гидротермальными проявлениями.

Останавливаясь одновременно на первом и последнем вопросах, сразу же отметим два общих момента, открывающих, во всяком случае с нашей точки зрения, пути к решению этих вопросов. Во-первых, признанию хемогенного пути образования хотя бы некоторых из известных месторождений бокситов, равно как и признанию гидротермальной природы всех или какой-то части месторождений бокситов геосинклинальных областей (вне зависимости от их возраста), препятствует очевидная "гидролизатная природа" вещества бокситов (четкая геохимическая формулировка которой впервые была дана В.И.Вернадским и В. Гольдшмидтом; впоследствии ее развивали и уточняли В.В.Щербина, А.П.Виноградов, Г.И.Бушинский и др.). Недавно к этой стороне геохимии бокситов обратился и автор данной работы (Теняков, 1974_{1,2}, 1975).

Специфичность вещественного состава бокситов была выявлена, как известно, почти сразу же вслед за их открытием, что определило принципиальный подход к латеритным бокситам (в частности, к латеритным бокситам Индии) как к остаточным гипергенным продуктам. Тогда стало очевидным, что бокситы сложены весьма труднорастворимыми, малоподвижными в обычных поверхностных условиях элементами Al , $Fe^{(+3)}$ и Ti . Лишь значительно позже, уже в 20-30-х гг., удалось в полной мере выяснить и охарактеризовать те сугубо имманентные химические и геохимические условия, которые приводят к ассоциации указанных элементов друг с другом, к преимущественно остаточному накоплению их в продуктах выветривания. Расширилось и "семейство" этих элементов, получивших название "элементов-гидролизатов"; помимо Al , $Fe^{(+3)}$ и Ti к нему стали относить Ga , Zr , Hf , Th , Sc , $Cr^{(+3)}$, $V^{(+3)}$, Nb , Ta и отчасти Be и Sn . Оказалось, что все это - обязательные примесные элементы бокситов.

К настоящему времени окончательно установлено, что многие из этих элементов концентрируются в бокситах (как по сравнению с их содержаниями в наиболее обычных для бокситов исходных породах, так и по сравнению с содержаниями в континентальной коре). Оказалось также, что бокситы представляют собой одну из самых крайних в природе степеней дифференциации Al и Si и резко выделяются среди других образований минимальным содержанием элементов, наиболее подвижных в условиях гипергенеза, - K , Na , Ca , Mg .

Очень важно подчеркнуть, что "гидролизатная ассоциация" химических элементов в столь высокой концентрации не встречается в природе больше нигде: ни среди магматогенных пород, ни среди метаморфических, ни среди образований гидротермального генезиса. Очевидно, что объединить элементы-гидролизаты в единую ассоциацию могло только одно - сепарация их от других элементов в процессе разложения минералов водой (другие элементы в аналогичных условиях легко или относительно легко растворяются и уносятся промывными водами). Как известно, этот процесс может идти только при выветривании горных пород в гипергенных условиях, особенно в жарком гумидном климате, при весьма обильном промывании изменяющихся пород теплыми бескремнистыми метеорными водами. Только такой путь возникновения и накопления вещества бокситов дает возможность объяснить происхождение присущего данному процессу тесного парагенезиса гидрокислых и окисных минералов алюминия, железа и титана. Легко показать (Теняков, 1975), что любой другой путь разделения Al и Si (например, растворение и вынос при выветривании сильно кислыми водами алюминия) немедленно привел бы к разрушению этой типичной и характерной ассоциации гидролизующихся элементов, поскольку в сильно кислых ($pH < 4$), как и в сильно щелочных ($pH > 9$) средах, начинается резкая дифференциация этих элементов и ни при каких последующих процессах осаждения элементов (вынесенных или остаточно накопившихся) эта ассоциация уже принципиально реализоваться не может.

Таким образом, уже сама вещественная природа бокситов накладывает существенные ограничения на всякого рода предположения об их генезисе, оставляя в конечном счете лишь один единственный механизм возникновения вещества бокситов - латеритный процесс (т.е. процесс разложения водой алюмосиликатных пород, вымывание растворимых продуктов и накопление в остатке гидро-

лизующихся в этих условиях элементов)^{х)}.

Теперь перейдем к рассмотрению второго момента, упомянутого нами при анализе двух первых рассматриваемых вопросов проблемы бокситообразования. Как нами показано на обширном и в существенной мере оригинальном материале (Теняков, 1975; Tenjakov, 1975), бокситы практически всех известных ныне генетических типов обладают принципиально одинаковым и стабильным химическим составом (включая широкий спектр элементов-примесей) и в этом отношении к ним принципиально близки только глины и глинистые сланцы (см. таблицу). Более ранние наши данные (Теняков, 1970) свидетельствуют о том, что во всех известных месторождениях бокситов вне зависимости от их типа и возраста изученные элементы распространены в содержаниях, весьма близких к тем средним величинам, которые даны в приведенной нами таблице. И хотя распространенность многих элементов в платформенных (элювиальных и переотложенных) геосинклинальных бокситах несколько различна, тем не менее очевидно, что никакой сколько-нибудь резко выраженной и, главное, закономерной специфики вещества бокситов геосинклинальных областей по сравнению с платформенными бокситами не наблюдается. И рудные элементы, и элементы-гидролизаты, и щелочные, и щелочноземельные элементы, и галогены обнаруживают примерно одну и ту же картину распределения в бокситах обоих типов. Совершенно очевидно, что в случае принятия "особого" источника вещества для геосинклинальных бокситов вряд ли удалось бы обосновать только что показанное отсутствие различий в распространенности и, что не менее важно, в соотношениях различных химических и геохимических групп элементов-примесей между бокситами геосинклинальных и платформенных областей.

Таким образом, впервые рассмотрев под подобным углом зрения проблему источника и способа формирования вещества бокситов и установив принципиально одинаковую картину распространенности и соотношений в распределении в бокситах геосинклинальных и платформенных областей широкого ряда второстепенных элементов "гидролизатной", "рудной", "щелочной" и "галогенной" природы, мы приходим к твердому убеждению, что никаких геохимических доказательств причастности "эндогенных" ("вулканогенных") гидротерм к формированию и накоплению вещества бокситов в геосинклинальных областях в настоящее время не имеется. Напротив, все известные данные позволяют уверенно говорить о том, что как на платформах, так и в геосинклиналях источник и способ образования бокситового вещества (т.е. алюмосиликатные породы и процесс их латеритизации) были совершенно аналогичными. Только этот процесс, протекающий на земной поверхности при определенном сочетании целого ряда условий, приводит к возникновению вещества и месторождений бокситов. Бокситы могли накапливаться либо по "месту своего рождения", в латеритной коре выветривания

х) Мы здесь не касаемся довольно многочисленных случаев локальных (в масштабе месторождений или рудных залежей) нарушений стабильности этой гидролизатной ассоциации элементов, возникающих, как правило, на более поздних этапах существования бокситов под влиянием различных вторичных процессов. — Прим. автора.

Распространенность (среднее содержание) главных и некоторых второстепенных элементов в бокситах^х, глинах и глинистых сланцах^{хх})

Элементы	Бокситы платформенных областей		Бокситы геосинклинальных областей	Глины и глинистые сланцы
	латериты	залегающие среди терригенных пород	осадочные, залегающие среди карбонатных пород	
		Главные элементы, %		
Al	25,8	24,4	27,0	
Si	3,6	4,7	1,7	
Fe	12,6	14,0	15,4	
Ti	3,3	1,7	1,5	
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	6,3	4,6	15,4	
	Второстепенные элементы, г/т			
	Элементы-гидролизаты и близкие к ним элементы			
Zr	750	680	610	200
Ga	50	47,5	53	30
Th	45	32	40	II
Sc	60	54	56	10
Cr	250	230	140	100
Be	2,0	2,5	8	3
Sn	2,0	2,0	4,7	10
V	370	440	205	130
	Рудные и близкие к ним элементы			
Pb	29	34	77	20
Cu	61	70	70	57
Zn	100	140	70	80
Ge	3	4	4	2
B	15	46	55	100
Co	20	28	32	20
Ni	20	26	69	95
U	9	7	10	3,2
Au	0,0030	0,0049	0,0036	0,0010
	Щелочные и щелочноземельными элементы			
Li	4	74	III	60
Sr	100	150	230	450
Ba	132	210	210	300
	Галогены			
Cl	25,0	37,2	36,7	160
Br	3,0	5,9	5,4	6
J	13,5-	23,2	31,3	I

х) По данным автора (Теняков, 1970, 1971, 1975; Tenjakov, 1975).

хх) По данным А.П.Виноградова (1962).

(in situ), либо при перемыве и переотложении их продуктов — в осадках различного фациального типа. При определенных условиях бокситовое вещество может, по-видимому, формироваться и практически одновременно (в геологическом смысле) с накоплением исходного алюмосиликатного субстрата^{х)} и даже после переотложения "незрелого" или "полузрелого" материала кор выветривания. Но это уже другая большая проблема, рассмотрение которой не входит сейчас в нашу задачу.

Особое место в решении проблемы источника и способа формирования вещества бокситов занимает проведенный нами недавно анализ химической и геохимической природы взвесей и осадков, обрасываемых всеми известными в настоящее время гидротермальными проявлениями в океанах, современных геосинклинальных зонах и на континентах (Теняков, 1975). Это своего рода попытка освещения рассматриваемых нами первых двух вопросов проблемы бокситообразования на основании "фактов из другой области".

Мы показали, что исследователям, апеллирующим к неким гипотетическим гидротермальным растворам как к возможному источнику бокситового вещества, не известно ни одного современного геологического и химического типа их проявления, выносящего хоть сколько-нибудь сходное с бокситами (в химическом отношении) вещество.

Второй дискуссионный вопрос рассматриваемой нами проблемы, а именно вопрос о роли в процессе латерито- и бокситообразования живого и органического вещества, имеет самое прямое отношение к дискуссии о необходимых, ведущих и достаточных факторах, обеспечивающих течение латеритного процесса.

В качестве ведущих и достаточных для реализации латеритного процесса факторов мы рассматриваем воду, достаточно интенсивный водный режим промывания выветривающихся пород и высокую температуру среды (Теняков, 1973, 1974₁). В то же время почвенные органические кислоты мы не считаем фактором, непосредственно определяющим течение основных актов латеритного выветривания; их роль существенна только в процессах, протекающих в самых верхних (почвенных) частях кор выветривания и, безусловно, при переотложении сформированных продуктов выветривания. Данный вывод вытекает из всего накопленного опыта изучения этих явлений, а также из достаточно хорошо известного почвоведом и исследователям кор выветривания современных влажнотропических зон Земли факта отсутствия в этих образованиях на глубинах более метра (или первых метров) сколько-нибудь заметных количеств почвенных органических кислот или вообще гумусовых соединений. Иначе говоря, в зоне проявления основных актов процесса гидролиза алюмосиликатов органические соединения практически отсутствуют.

Напомним, что возникновение представлений о большом влиянии органического вещества на процессы выветривания и почвообразования во влажнотропических областях (Бгатов, 1969) в существенной мере базировались и базируется на

х) Примером тому может служить " незакрепленный" тип латеритного профиля о.Реннел (Теняков, 1975). — Прим.автора.

наличии впечатляющих масс круглогодично отмирающей растительности. Однако это отнюдь не означает, что при разложении растительных остатков возникают не менее внушительные массы органических кислот. По этому поводу уместно напомнить мнение крупного исследователя тропических кор выветривания и почв Е.Кастаньоля : "В условиях (влажнотропического климата, несмотря на мощную растительность, органическое вещество играет небольшую роль в формировании профиля, так как условия увлажнения и температуры очень благоприятствуют деятельности микроорганизмов почвы и ведут к полному разрушению этих органических веществ". Несмотря на кажущийся несколько категоричный и крайний характер точки зрения Е.Кастаньоля, нельзя не согласиться с тем, что при изучении вопроса о происхождении, по утверждениям некоторых исследователей, "гигантских" масс органического вещества в тропических корах выветривания и почвах и его исключительном влиянии на все протекающие здесь процессы, нас не должен предубеждать сам факт обилия отмирающего живого вещества.

Отмирающее живое вещество преобразуется, как известно, в двух совершенно различных направлениях, соотношение между которыми целиком определяется климатическими и ландшафтными условиями среды, в которой происходит отмирание. При этом часть вещества разлагается, окисляется и полностью минерализуется до твердых (фосфаты, сульфаты и др.), жидких (H_2O , HNO_3 и др.) и газообразных компонентов (CO_2 , NH_3 и др.), тогда как другая, в результате сложных процессов - гумифицируется (Педро, 1971), т.е. превращается в очень сложные по составу и строению фульво- и гуминовые кислоты.

Таким образом, вне зависимости от обилия органического материала, наиболее интенсивная минерализация происходит в условиях влажных тропического и экваториального климатов, когда процессы гумификации и полимеризации развиты слабо и почвы характеризуются отсутствием или слабым развитием молесных, быстро минерализующихся ($C/N = 10-15$) гумусовых горизонтов.

Кстати, при рассмотрении роли органического вещества многие авторы, как ни странно, часто смешивают воедино "процесс выветривания" и "процесс почвообразования". Не считая возможным вовлекаться в обсуждение всей проблемы соотношения "кор выветривания", "почв" и "коро -" и "почвообразовательных" процессов, заметим только, что мы, в соответствии с классическим пониманием почв (Глазовская, 1960), отводим почвообразовательным процессам только самую верхнюю (первые метры) часть кор выветривания и считаем неправильным, необоснованным сводить процессы корообразования к процессам почвообразования, как это, например, делает Дюшофур (1970). Собственно почвенный слой занимает иногда лишь ничтожно малую часть мощных кор выветривания и отделен от зон, в которых проходит собственно "фронт выветривания", зачастую многими десятками метров.

Поэтому представления, например, С.В.Зонна, И.А.Денисова, В.М.Фридрихса и некоторых других исследователей о гораздо большей массе и роли органических веществ во влажных тропиках, чем это предполагали Е.Кастаньоля, К.Иоффе, И.Мор, С.Трикар и другие исследователи, ни в коем случае нельзя относить к собственно корообразовательному процессу (все эти авторы касались вопроса о наличии органической субстанции лишь в самом верхнем слое коры выветривания, т.е. только в почве).

Напомним, что некоторые исследователи отводили и отводят весьма заметную роль вопросу о характере и распределении в корях выветривания и почвах влажных тропиков микроорганизмов. Однако микроорганизмы, как и гумус, сосредоточены, в основном в почвенной части кор выветривания; с глубиной количество их резко сокращается (Фридланд, 1964).

Наконец, не следует забывать и о характере распределения по профилям тропических кор выветривания и почв щелочно-кислотного показателя (рН). Как показывают данные многочисленных исследований советских и зарубежных авторов, в зоне наиболее интенсивного разложения алюмосиликатных пород рН никогда не бывает кислым, а всегда обнаруживает нейтральную или щелочную реакцию (7, 0-9, 5).

Таким образом, органическое вещество, микроорганизмы, органические кислоты (и даже наиболее растворимые и подвижные из них - фульвокислоты) не достигают собственно зоны разложения алюмосиликатных пород (минералов) и уже по одной этой причине не могут считаться сколько-нибудь интенсивно действующими факторами, т.е. факторами, определяющими существо происходящих здесь явлений. Область их влияния ограничивается в лучшем случае первыми метрами коры выветривания (сверху) и главная сила их "атаки" приходится на практически уже "зрелую" часть латеритного профиля, сложенную свободными гидроокислами алюминия, железа и, отчасти, каолинитом. В этой зоне, особенно при переотложении бокситового материала латеритных кор выветривания в процессе формирования осадочных залежей бокситов, их роль исключительно велика и многообразна (однако анализ этой роли не входит в задачу данного исследования).

Выше речь шла только об оценке непосредственной роли органических соединений и почвенных органических кислот в процессе разложения и гидролиза алюмосиликатов. Не следует забывать о том, что одним из конечных продуктов разложения и минерализации органических соединений во влажных тропиках является CO_2 - активнейший и достаточно агрессивный в растворах газ. Как известно, относительно большой роли при выветривании горных пород углекислоты высказывались многие исследователи. Образуясь в заметных количествах при минерализации органических веществ в тропиках, углекислота присутствует в водах, дренирующих латеритный профиль: она благоприятствует гидролизу, увеличивая скорость реакций от двух до пяти раз в зависимости от характера и содержания других ионов. Однако блестящие эксперименты Ж.Педро (1971) по моделированию процессов естественного выветривания показали, что CO_2 лишь несколько интенсифицирует процесс разложения и гидролиза алюмосиликатов, но не определяет геохимическую направленность латеритного процесса (за исключением поведения железа).

Итак, в е д у щ и м фактором латеритного процесса следует считать воду, интенсивный водный режим промывания изменяющихся пород, активизированных высокой температурой среды. Как мы уже показали (Теняков, 1973), только это химическое соединение способно обеспечить течение реакций, составляющих сущность латеритного процесса, и параллельно выполнять роль транспортирующей среды при удалении из коры выветривания щелочных, щелочноземельных элементов и кремния, обеспечивая дифференциацию химических элементов.

Таким образом, органическое вещество, почвенные органические кислоты принципиально не определяют характер и ход развития латеритного процесса и латеритных кор выветривания, следовательно, последние могли формироваться и в додевонское время.

Переходя к последнему из рассматриваемых вопросов – вопросу об эволюции фациальных обстановок бокситонакопления во времени, сразу же укажем на его дискуссионность и на то, что он привлек к себе внимание исследователей лишь в сравнительно недавнее время (Михайлов, 1974; Акаемов, 1974; Сиротин, 1974; Сапожников, 1974).

По данным Б.М.Михайлова (1974), проанализировавшего эту проблему наиболее детально, самые древние, позднепротерозойские бокситы накапливались в прибрежных частях мелководных бассейнов, лагунах. В девоне бокситообразование развивалось в основном в связи с карстовыми процессами на суше, но вблизи побережья. Лишь "... в позднем девоне появляются первые достоверные признаки существования латеритных (бокситоносных) кор выветривания (Тиман)" (Михайлов, 1974, стр.16). В каменноугольную эпоху бокситы формируются уже в более широком диапазоне фациальных обстановок: среди терригенных формаций в одном генетическом ряду с угленосными формациями, в процессе латеритного корообразования и т.д., но их размещение всегда контролируется береговыми линиями морских бассейнов. В мелу и палеогене бокситообразование протекало исключительно на континентах и не контролировалось положением береговых зон морских бассейнов; оно было связано, главным образом, с развитием карстовых процессов. Формация латеритных покровов в эту эпоху была распространена ограниченно. Олигоцен–четвертичная эпоха бокситонакопления – это эпоха широкого распространения латеритных покровов.

К этой схеме Михайлова, не лишенной обоснованности и определенной стройности, можно, однако, сделать ряд существенных замечаний.

Во-первых, все известные к настоящему времени палеогеографические материалы однозначно указывают на то, что бокситовые месторождения и рудопроявления всех типов и возрастов образовывались и накапливались в основном только в береговых зонах континентов или на островах, где имелись для этого благоприятные климатические условия. Ширина этих зон составляла в среднем около 200 км, реже меньше и еще реже больше.

Во-вторых, карстовый тип бокситов известен с девона и вплоть до наших дней (например, многие коралловые острова Океании). Так что даже констатируя несколько большее развитие бокситов этого типа в мел–палеогеновую эпоху бокситообразования, показать эволюционную закономерность этого явления невозможно. Карстообразование при соответствующих условиях (причем отнюдь не специфических, а ординарных) могло идти и шло в течение всей геологической истории.

В третьих, ограниченную распространенность латеритных бокситов среди мезозойских и палеозойских образований нельзя интерпретировать только в "эволюционном ключе"; следует помнить об их эфемерности и легкой разрушаемости. Эти наши замечания ни в коем случае не являются " антиэволюционистскими". Мы только хотим показать, что отнюдь не обязательно выстраивать

в односторонний и необратимый ряд эволюционного развития продукты латерито- и бокситообразования, изменяющиеся обычным образом, в зависимости от конкретных геологических условий.

Совершенно особняком стоит вопрос об эволюции бокситообразования в геологической истории Земли в связи с возможным изменением во времени содержания в атмосфере углекислоты и, в частности, в связи с более высоким парциальным давлением CO_2 в докембрийской атмосфере. Не касаясь всех аспектов поднятой проблемы и отсылая заинтересованных читателей к соответствующим работам, и в том числе одной из наших работ (Сидоренко и др., 1973), рассмотрим лишь новые данные, свидетельствующие о периодичности повышения за геологическое время содержания CO_2 в земной атмосфере и о возможном физико-химическом и геохимическом влиянии этого явления на щелочно-кислотную характеристику (рН) поверхностных вод, а соответственно, и на общий ход многих важнейших процессов гипергенеза.

Сравнительно недавно нами (Сидоренко и др., 1973) была показана особая исключительная роль метаморфизма осадочных толщ в реконсервации из земных недр такого чрезвычайно мощного "геохимического реагента", как CO_2 . Показано, что метаморфизм широкого ряда глинисто-карбонатных пород должен приводить к декарбонатизации и к выделению из метаморфизующихся пород весьма значительных масс углекислоты. Оценка возможных масштабов выделения углекислоты, произведенная различными методами, исходя из различных количественных соотношений первичных карбонатно-глинистых пород, дала, независимо от способов подсчета, величину порядка $1,6 \times 10^{17} \text{ т CO}_2$. Полученное значение, вне всяких сомнений, близко к минимальному, поскольку в расчетах не был учтен целый ряд потенциальных источников углекислоты, например, таких как эффузивные и другие породы. Кроме того, остались неучтенными также огромные массы декарбонатизированных отложений, эродированных с обширных площадей докембрийских щитов. Но даже несмотря на все это, мы получили, что выделившееся количество CO_2 более чем в 1000 раз превышает общую массу углекислоты в современной атмосфере и океане (и в десятки тысяч раз - только в атмосфере). Естественно, что отторжение этой массы углекислоты происходило частями, периодически, в эпохи развития процессов регионального метаморфизма, но все равно количества высвобождавшейся CO_2 в каждую отдельную эпоху были огромными.

Очевидно, что часть CO_2 "захватывалась" массами вышележащих пород и локализовалась в зонах региональной карбонатизации, часть поглощалась подземными водами; существенные количества CO_2 улетучивались в атмосферу.

Представлялось весьма интересным оценить некоторые аспекты влияния "углекислого дыхания" метаморфизующихся осадочных толщ докембрия на состав и эволюцию атмосферы нашей планеты. Сделанная нами (Сидоренко и др., 1973) сутубо приблизительная количественная оценка этого явления показала, что в отдельные эпохи проявления метаморфизма (если исходить из того, что их было не менее десятка) в атмосферу могло поступать не более $0,14 \times 10^{17} \text{ т CO}_2$. Но даже в этом случае концентрация углекислоты в атмосфере и океане повышалась, вероятно, более чем в 100 раз. Правда, это максимальная из возмож-

ных величин поступления углекислоты в атмосферу при декарбонизации, поскольку наши подсчеты основывались на допущении, что метаморфизм проходит одновременно (или почти одновременно) в пределах всех континентальных блоков земной коры.

Естественно, что столь заметные периодические колебания в составе атмосферы существенно влияли на интенсивность выветривания и состав докембрийских осадков. Значит, в докембрии существовала связь между эпохами метаморфизма, гранитизации и гранитообразования и связанного с ними рудогенеза, с одной стороны, и периодическими изменениями состава атмосферы и соответствующими эпохами выветривания, а также изменениями состава отложений, с другой стороны. Безусловно также влияние периодического массового выделения в атмосферу CO_2 на биологическую активность и, соответственно, на биологическую продуктивность живого вещества.

Но как же конкретно повышение содержания CO_2 в атмосфере (в среднем в десятки раз) влияло на процессы выветривания и, в частности, на латерито- и бокситообразование? Эксперименты Ж.Педро (1971) показали, что присутствие растворенной в воде углекислоты ускоряет течение всех основных процессов, составляющих суть выветривания. Таким образом, первое, чего следует ожидать при повышении содержания CO_2 в атмосфере — это интенсификация процесса выветривания и в результате повышение мощности кор выветривания и степени "зрелости"^{х)} возникающих продуктов выветривания.

Как же влияет повышение содержания CO_2 в атмосфере и, соответственно, в поверхностных водах на щелочно-кислотную характеристику последних?

В.А.Броневой (1974) допускает, что в докембрии высокое содержание CO_2 в атмосфере могло приводить к хемогенно-осадочному бокситообразованию глобального проявления. Представителем этой эпохи он считает Боксонское месторождение. Судя по расчетам этого исследователя, рН коровых вод, обеспечивавших хемогенный вынос всех бокситообразующих элементов, мог опускаться при этом ниже 2,5 (при $t = 25^\circ\text{C}$) и ниже 4,1–4,3 (при $t = 0-5^\circ\text{C}$).

Последние расчеты В.А.Копейкина^{хх)} оценки роли CO_2 в латеритном выветривании и в осадочном образовании дают возможность увидеть, что даже стократное превышение количеств CO_2 , находящихся в современной атмосфере, может понизить рН поверхностных вод только на полторы-две единицы против обычного, чего, по-видимому, недостаточно для создания на земной поверхности сильно кислых вод и проявления "глобального хемогенно-осадочного бокситообразования". Таким образом, вероятнее всего, периодическое увеличение парциального давления CO_2 в атмосфере выражалось лишь в повышении мощности и степени зрелости сформировавшихся продуктов выветривания (в том числе и продук-

х) Под "зрелостью" продуктов выветривания мы понимаем степень дифференцированности в них Al и Si по сравнению с исходными породами. — Прим. автора.

хх) Рукописный отчет "Физико-химические условия образования бокситов", 1975г. (авторское представление).

тов латеритного характера), но не приводило к каким-либо принципиальным изменениям в течении процесса гипергенного преобразования горных пород.

От анализа основных проблемных вопросов эволюции бокситообразования в геологической истории Земли перейдем к рассмотрению проблемы бокситоносности докембрия.

Широкая распространенность среди докембрийских метаморфических первично-осадочных пород, первично-глинистых и высокоглиноземистых образований — факт; в настоящее время хорошо известный. Иначе говоря, общность каолинитового состава многих элювиальных, в том числе и переотложенных, продуктов докембрийского гипергенеза не вызывает сегодня каких-либо сомнений. Нельзя сказать, что мы не располагаем примерами и метабокситовых образований даже среди метаосадочных пород архея. Практически во всех регионах развития докембрия среди метаосадочных толщ встречаются линзообразные или пластообразные тела, сложенные корундитами в ассоциации (парагенезисе) с диаспоритами и с кианитовыми, андалузитовыми и силлиманитовыми породами. Условия залегания и морфология этих тел, их химический состав и состав элементов-примесей (правда, данных о последних очень мало) — свидетельствуют о том, что это, вероятнее всего, глубоко-метаморфизованные тела бокситов и сопровождавших их бокситоподобных пород и каолинитовых глин.

Так, в частности, геология, вещественный состав и генезис корундитов и сопровождающих их других высокоглиноземистых пород детально рассмотрены в работах Е.А.Кулиша (1973, 1975) на примере месторождений Чайнты и Джалинда (Алданский щит) и многих других проявлений аналогичного комплекса пород. Е.А.Кулиш приходит к твердому выводу о первично бокситовой природе этих образований и анализирует геологические, климатические и палеогеографические условия их возникновения. Здесь следует особо отметить, что сравнительно недавно О.М.Розеном (1967) была описана метаморфизованная галька боксита в конгломератах среди докембрийских сланцев Кокчетавского массива (Центральный Казахстан).

Таким образом, признание принципиального сходства в протекании экзогенных процессов в докембрии и фанерозое и суммирование и анализ теперь уже многочисленных материалов по метаморфизованным докембрийским корам выветривания и высокоглиноземистым метаморфическим породам различных регионов (включая кианитовые, андалузит-силлиманитовые, диаспоритовые и корундитовые образования) позволяют нам прийти к однозначному выводу о том, что процесс бокситообразования для докембрия был столь же обычным, как и для последокембрийского времени. Невысокая сохранность дошедших до нас докембрийских бокситов (даже в метаморфизованных эквивалентах) связана не только с очевидной возможностью их физического разрушения еще в докембрии, но и с известной термодинамической неустойчивостью гидроокислов и окислов алюминия в земной коре и тенденцией их превращения в силикаты и алюмосиликаты при контакте с водами, содержащими кремнекислоту (что было показано еще В.И.Вернадским и развито в последние годы Б.Ф.Горбачевым, 1966).

Л и т е р а т у р а

- А к а е м о в С.Г. Процессы бокситообразования в истории Земли.-В кн.: Тезисы к совещанию по современным проблемам геологии. Воронеж, 1974.
- Б р о н е в о й В.А. Типы бокситообразующих процессов и их связь с эпохами бокситонакопления. -В кн.:Семинар по генезису бокситов. Тезисы докладов. М., 1974.
- Г и п п С.К., С а п р ы к и н а Н.В., Я м п о л ь с к и й А.И. О возможности образования бокситов вулканогенно-осадочного типа.-"Геол.рудн. месторожд.", 1974, № 2.
- Г о р б а ч е в Б.Ф. Геологическое значение ресилификации бокситов.- В кн.:Генезис бокситов. М., "Наука", 1966.
- Г р и г о р ь е в В.М., З е л е н о в К.К. Об источнике германия в железных рудах.-"Геохимия", 1965, № 5.
- К у л и ш Е.А. Высокоглиноземистые метаморфические породы нижнего архея Алданского щита и их литология. Хабаровск, 1973.
- К у л и ш Е.А. Нижнеархейские коры выветривания Алданской подвижной области. В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.
- М и х а й л о в Б.М. Эволюция фациальных обстановок бокситонакопления в геологической истории Земли. - В кн.: Семинар по генезису бокситов. Тезисы докладов, М., 1974.
- П е д р о Ж. Экспериментальные исследования геохимического выветривания кристаллических пород. М., "Мир", 1971.
- Р о з е н О.М. Метаморфизованная галька боксита в конгломерате среди докембрийских сланцев Кокчетавского массива (Центральный Казахстан).-"Докл. АН СССР", 1967, 174, № 4, с.921-923.
- С а п о ж н и к о в Д.Г. Генетическая классификация бокситовых месторождений.- В кн.: Генетическая классификация и типы бокситовых месторождений СССР. М., "Наука", 1974.
- С и д о р е н к о А.В., Р о з е н О.М., Т е н я к о в В.А., Г и м м е л ь ф а р б Г.Б. Метаморфизм осадочных толщ и "углекислое дыхание" земной коры.-"Сов.геология", 1973, № 5.
- С и р о т и н В.И. Бокситовый генетический комплекс (вопросы классификации и эволюции в истории Земли).- В кн.: Тезисы к совещанию по современным проблемам геологии. Воронеж, 1974.
- Т е н я к о в В.А. О некоторых чертах геохимии бокситов платформенных и геосинклинальных областей. In: Conference on bauxite geology, Budapest, 4-8. IX, 1969, Budapest, 1970.
- Т е н я к о в В.А. О принципиальной аналогии в источнике и способе формирования вещества бокситов в платформенных и геосинклинальных областях. -"Докл. АН СССР", 1971, 198, № 1.
- Т е н я к о в В.А. Геохимия и механизм основного акта латеритного процесса. In: I.C.S.O.V.A. 3-e Congres International, Nice, 1973.
- Т е н я к о в В.А. О ведущем факторе и физико-химических механизмах разложения алюмосиликатов в процессе латеритного выветривания.- В кн.: Новые

данные по геологии бокситов. Вып.2. М., ВИМС, 1974.

Т е н я к о в В.А. Основные проблемы геохимии и генезиса бокситов. - В кн.: Семинар по генезису бокситов. Тезисы докладов. М., 1974.

Т е н я к о в В.А. Проблема источника и способа формирования вещества бокситов (геохимический аспект).- В кн.: Проблемы генезиса бокситов. М., "Наука", 1975.

Т е о б а л ь д П.К., Л э к и н Х.Ч., Х а у к и н с Д.Б. Осаждение алюминия, железа и марганца в месте слияния ручья Дир-Крик с рекой Снейк в округе Саммит, Колорадо.- В кн.: Вопросы геологии и минералогии бокситов. М., "Мир", 1964.

TENJAKOV V.A. On the common origin of bauxites from platforms and geosynclines (geochemical aspect). In: IX Congres International de Sedimentology, Nice - 1975.

О.И. ЛУНЕВА

КОНГЛОМЕРАТЫ ДОКЕМБРИЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ЭПОХИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПЕРЕРЫВОВ

Докембрийская геологическая летопись характеризуется неполнотой геологической документации так же, как и фанерозойская. На протяжении докембрийской истории неоднократно случались перерывы в осадконакоплении, которые мы теперь распознаем на основе детального изучения состава и степени метаморфического преобразования слагающих эти разрезы пород, а также на основе изучения тектонического строения регионов и структурного анализа метаморфических пород. Эпохи континентальных перерывов в геологической истории, как правило, сопровождались формированием коры континентального выветривания, реликты которой мы наблюдаем на разных стратиграфических уровнях докембрия. Кроме того, продукты размыва и переотложения коры выветривания присутствуют в разновозрастных комплексах и могут быть косвенным показателем условий предшествующего выветривания на континенте.

Докембрийские конгломераты, располагающиеся в разрезах древних комплексов на самых разнообразных стратиграфических уровнях, всегда фиксируют размывы, местные или региональные, кратковременные или длительные. Не всегда они являются результатом перерыва в осадконакоплении (иногда таковой вообще отсутствует), но часто составом обломочного материала и своим положением конгломераты отражают время и место горообразовательных движений (Наливкин, 1956), время, место и характер геохимической обстановки континентального породообразования, условия выветривания на континенте и, в определенной мере, длительность континентальных перерывов. Бесспорна важность изучения конгломератов при построении стратиграфических схем докембрия. Не менее интересные результаты, характеризующие эпохи континентальных перерывов, получены нами при детальном изучении докембрийских конгломератов Кольского полуострова и других регионов.

ЗНАЧЕНИЕ КОНГЛОМЕРАТОВ В ПОЗНАНИИ ПРОЦЕССОВ ДОКЕМБРИЙСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ

Процессы выветривания в геологической истории фиксируются наиболее полно в продуктах остаточных и переотложенных кор континентального выветривания. Безусловно, самыми информативными в раскрытии физико-химических обстановок далекого прошлого являются коры выветривания *in situ*. Среди продуктов переотложения коры выветривания наибольшего внимания заслуживают, с одной стороны, крайние продукты осадочной дифференциации, такие как глинистые отложения и толщи существенно кварцевых обломочных пород, с другой стороны – большинство полимиктовых обломочных отложений.

Из всей группы обломочных пород – с точки зрения максимального сохранения в них признаков выветривания на континентах – самыми благоприятными оказываются грубообломочные – разнообразные конгломераты.

Использование грубообломочных пород как косвенного показателя процессов выветривания на континентах особенно важно при исследовании палеогеографии древних эпох, в частности докембрийских. Это обусловлено локальностью распространения и трудностями диагностики древних остаточных кор выветривания среди глубоко метаморфизованных образований архея и протерозоя. В то же время разновозрастные конгломераты хорошо сохраняют свои литологические признаки при метаморфизме, и обычно конгломератовые и конгломератосодержащие пласты и пакки являются маркирующими для своего района.

В конгломератах, как и в любой горной породе, записана вся история их возникновения как геологического образования. В них отражены: состав пород питающих провинций и характер выветривания на континенте, дифференциация материала при переносе, в определенной мере условия переноса, обстановка отложения в разной степени выветрелого материала в зоне осадконакопления. Изучение степени выветрелости обломочного материала и сопоставление ее со степенью выветрелости и зрелости заполняющего вещества конгломератов, а также со степенью зрелости ниже- и вышележащих пород разреза, позволяет характеризовать условия выветривания на континенте в период отложения конгломератовых толщ.

При изучении обломочного материала (валуны, гальки) и заполняющего вещества (гравий, песок, алеврит, глинистое вещество) конгломератов мы сталкиваемся не только с тем, что каждый гранулометрический класс обломков и их определенные сочетания характеризуют условия выветривания исходного материала. Опыт изучения метаморфизованных конгломератов показал, что одни и те же по составу группы пород присутствуют в обломочном материале разных классов крупности и несут в себе следы разной степени выветрелости вещества. Изучив детально эти следы выветривания, мы можем использовать их для характеристики процессов выветривания в разные эпохи докембрийской эпохи континентов.

КОНГЛОМЕРАТЫ В РАЗРЕЗЕ ДОКЕМБРИЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Самыми древними породами, известными на огромных площадях Балтийского щита, являются мигматизированные и гранитизированные биотитовые и амфиболо-биотитовые гнейсы и гранито-гнейсы. Это породы керетьской свиты беломорской серии юга и юго-запада Кольского полуострова и Северной Карелии, гнейсы и гранито-гнейсы из низов разреза кольской серии, гнейсы и гранито-гнейсы Мурманского берега, так называемые гнейсы основания Финляндии. По составу эти образования в целом отвечают аркозовым песчаникам, алевролитам и алевропелитам. На обломочную природу биотитовых гнейсов указывают сохранившиеся реликты псаммитовой структуры, окатанные цирконы и линзы полимиктовых конгломератов, найденные пока лишь на территории Финляндии, в районе восточнее озера Инари. Гальки этих конгломератов представлены жильным кварцем, лейкократовыми плагио-гранитоидами, тонкозернистыми биотитовыми, амфиболо-биотитовыми и двуслюдяными гнейсами. Цемент - лейкократовый биотитовый гнейс. Конгломераты отражают локальные размывы и имеют явный внутрiformационный облик.

Характер разреза этого, по-видимому, самого древнего комплекса пород, их исходный аркозовый состав, значительная мощность (порядка 1-2 км) свидетельствуют о том, что источники осадочного материала, послужившие для накопления этой толщи, были глубоко переработаны процессами физического и химического выветривания. Процессы осадконакопления происходили более 3,0 млрд. лет назад, при участии свободного кислорода и достаточно активной, хотя, быть может, и примитивной, органической материи. Можно предполагать, что эпоха докеретьского выветривания была одной из самых древних на Балтийском щите.

Следующий возрастной комплекс пород пользуется широким площадным развитием в пределах западной и центральной частей Кольского полуострова и Северной Карелии. Этот комплекс в целом представлен кристаллическими породами основного состава - разнообразными амфиболитами, амфиболовыми, пироксеновыми, реже плагиоклазовыми кристаллическими сланцами, кальцифирами. Это - породы хетоламбинской свиты беломорской серии, амфиболиты и основные кристаллические сланцы гранулитов районов Кандалякши, Чуна-, Монче-, Волчьих, Сальных, Туадаш тундр, железорудная формация Приимандровского района, основные кристаллические сланцы из разреза кольской серии (пинкельярская, чудзьярская свиты и ультраметаморфические образования соответствующего состава).

Внутреннее строение этого комплекса пород в настоящее время изучено недостаточно, однако можно предполагать, что нижнюю часть разреза слагают разнообразные амфиболиты с прослоями амфиболовых гнейсов, в основании местами содержащие конгломераты (лувенгская толща). Выше по разрезу в амфиболитах появляется значительное количество диопсида и граната (кандалакшская и белогубская толща), а еще выше залегает толща плагиоклазовых кристаллических сланцев с гранатом, диопсидом и гиперстеном - колвицкая толща. Венчает разрез комплекса основных по составу пород плоскотундровская толща двупироксеновых и гиперстеновых кристаллических сланцев, содержащих прослой эклогитоподобных

пород, конгломератов (район Порьей губы), кальцифиров и мраморов. На разных стратиграфических уровнях внутри этого комплекса основных кристаллических сланцев, гнейсов и амфиболитов встречаются пласты, пачки и целые толщи ильменит- и магнетитсодержащих пород, в том числе магнетитовых кварцитов. В Приимандровском районе последние образуют известные железорудные месторождения (оленегорская толща). Общая мощность комплекса составляет около двух километров.

Первичная природа пород комплекса до конца не раскрыта. На основании геологических, литологических и геохимических исследований пока лишь можно предпологать, что это были терригенно-хемогенные осадки с широким развитием глинисто-карбонатных мергелистых разностей, участками соленосных (о чем свидетельствует присутствие в породах SO_3 , Cl , B). Возможно, тогда были зоны, в которых в той или иной мере проявились вулканические процессы, однако они не имели, на наш взгляд, широкого распространения в эпоху накопления первичных осадков этого комплекса. Все толщи, входящие в состав комплекса, имеют контакты с нижележащими породами, фиксирующиеся небольшими перерывами в осадконакоплении и локальными размывами (конгломераты); на карте их изображают как географические или трансгрессивные географические несогласия.

Описываемый комплекс основных кристаллических сланцев залегает на нижележащем комплексе керетьских лейкократовых гнейсов и гранито-гнейсов в целом согласно (без углового несогласия) и без регионального перерыва. Локальные кратковременные размывы не нарушали осадочного процесса, происходившего направленно от терригенного к терригенно-хемогенному и хемогенному типам осадконакопления, имевшим распространение от начала до конца на весьма значительных пространствах восточной части Балтийского щита. В разрезе раннего докембрия комплекс основных кристаллосланцев сохранился наиболее полно в районах распространения гранулитовых пород и образований кольской серии. В Беломорском районе две трети разреза комплекса было уничтожено эрозией во время предлоухского длительного континентального перерыва, характеризующегося региональным распространением и значением, широким и глубоким развитием процессов химического выветривания.

О том, что перед отложением следующего, стратиграфически выше лежащего комплекса высокодифференцированных глиноземистых пород имел место длительно существовавший континентальный перерыв, свидетельствуют многие факты, и в-первых, залегание с угловым и стратиграфическим несогласием глиноземистых пород на разных горизонтах нижележащих комплексов. Во-вторых, это следы континентального физического и химического выветривания, сохранившиеся в виде элювиальных брекчий оз. Сейдозера, оз. Вайкис, хр. Кивайвыч в одной из областей, где представлен полный разрез отложений предыдущего комплекса основных кристаллических сланцев. И в-третьих, резко отличный от нижележащих пород состав глиноземистых осадков лоухской свиты и ее аналогов - продуктов переотложения достаточно зрелой коры выветривания.

Кора предлоухского выветривания имела широкое площадное развитие и охватывала, по-видимому, обширные территории Финляндии, Карелии и восточной части Кольского полуострова. Во всех перечисленных регионах лоухские образования, их аналоги и более молодые комплексы пород залегают на размывтой и пенеплени-

зированной поверхности гранито-гнейсового фундамента.

Комплекс дифференцированных глиноземистых пород наиболее широко развит в Северной Карелии, на западе Кольского полуострова, в Финской Лапландии и южной и юго-западной Финляндии. Области предкарельской и карельской седиментации в то время, по-видимому, служили источниками сноса осадков, так как в большинстве районов восточной части Балтийского щита докарельские и карельские осадки залегают на размытом гранито-гнейсовом фундаменте (керетьская свита и ее аналоги). В составе этого, условно называемого глиноземистым, комплекса выделяются породы лоухской свиты и ее аналогов в Беломорье, высокоглиноземистые гнейсы верхней части разреза кольской серии (волшпахская свита), породы так называемых кислых гранулитов. Внутреннее строение этого комплекса детально не изучено в связи со сложной многофазной складчатостью и неоднократным метаморфизмом пород. В целом же он сложен гранато-биотитовыми гнейсами и сланцами с кианитом, силлиманитом, кордиеритом, содержащими тонкие пласты и прослои кварцитов.

Породы глиноземистого комплекса - первоначально тонкообломочные песчано-алевритовые и глинисто-алевритовые осадки, накапливались в тектонически спокойной обстановке на медленно погружающихся обширных участках среди пенеппенизированной суши, покрытой площадной корой выветривания. За счет сноса продуктов коры выветривания, на гнейсах и гранито-гнейсах керетьской свиты и ее аналогов и на основных кристаллических сланцах хетоламбинской свиты и ее аналогов и накапливались мощные толщи пород глиноземистого комплекса.

Таким образом, предлоухский длительный континентальный перерыв, сопровождавшийся пенеппенизацией, широким развитием процессов корообразования и возникновением достаточно зрелой коры химического выветривания, является второй крупной эпохой выветривания в раннедокембрийской (архейской) истории Балтийского щита.

На различных, как первично-осадочных метаморфизованных, так и ультраметаморфических и магматических комплексах архея, представляющих собой в разной степени мигматизированный, складчатый, пенеппенизированный кристаллический фундамент, в грабенообразных прогибах залегают толщи протерозойских осадочно-метаморфических и вулканогенно-осадочно-метаморфических образований.

Разрез протерозоя начинается осадочными и вулканогенно-осадочными породами тундровой серии, наиболее полно сохранившимися в полосе Воронья-Колмозеро на севере центральной части Кольского полуострова. Кроме того, отложения тундровой серии развиты в районе тундр Корва, Тольпвид-Кеулик, Талья, на западном побережье оз.Имандра (Монче- и Вите-полуострова) в районе Больших Кейв, к югу от пород полосы Имандра - Варзуга, вблизи устья р.Поной и в других участках. Следует заметить, что площади распространения этих пород и их стратиграфических аналогов первоначально были значительны и кроме зон линейных прогибов, заложившихся вдоль разломов северо-западного и субширотного простирания, где они полнее всего сохранились, слагали также обширные, более или менее изометричные прогибы типа Кейвского синклинория.

Разрез пород тундровой серии наиболее полно представлен в полосе Воронья-Колмозеро. Здесь он начинается лязозерской свитой, трансгрессивно залегающей с конгломератами в основании на денудированной поверхности гранито-гнейсового фундамента, одновозрастного породам керетьской свиты беломорской серии. По-

роды лязозерской свиты представлены тонкослоистыми биотитовыми, амфиболо-биотитовыми, гранато-биотитовыми гнейсами, с реликтами псаммитовых структур. Исходными осадочными породами для них послужили песчаные и алевроитовые разности с глинистым цементом, возникшие при разрушении гранито-гнейсов, биотитовых и амфиболовых гнейсов и других пород основания.

В целом терригенный состав осадков лязозерской свиты, значительное количество плагиоклаза в песчаных обломках свидетельствуют о достаточно высокой скорости осадконакопления и быстром захоронении осадков. О длительности перерыва перед отложением пород лязозерской свиты можно судить по тому, что более древние комплексы пород к этому времени претерпели складчатость (возможно, неоднократно), метаморфизм, ультраметаморфизм и были разбиты на серию блоков по крупным системам разломов. Породы лязозерской свиты не несут в себе следов предшествующего глубокого химического выветривания, что может быть следствием активных тектонических движений в эпоху осадконакопления.

На породах лязозерской свиты без видимого углового, но с географическим несогласием залегают вулканогенно-осадочные образования полмостундровской свиты — разнообразные сланцеватые амфиболиты с прослоями и пропластками биотитовых, амфиболо-биотитовых и амфиболовых гнейсов и железистых кварцитов. Возможно, в верхах свиты присутствуют покровы порфиридов и прослои средних и кислых кристаллокластических туфов. По составу среди пород полмостундровской свиты выделяются как терригенно-хемогенные, так и вулканогенные разности. Среди последних преобладают вулканы основного состава. Их наличие характеризует обстановку активного прогибания и поступления вдоль разломов соответствующего магматического и вулканического материала. Существенного перерыва в осадконакоплении перед отложением пород полмостундровской свиты не отмечено.

Стратиграфически выше без видимого углового несогласия, но на различных нижележащих комплексах залегают осадочно-метаморфические образования вороньетундровской свиты и ее аналогов — аркозовые мусковитовые двуслюдяные и биотитовые тонкозернистые гнейсы и сланцы с полимиктовыми конгломератами и граве-литами в основании и на разных уровнях в разрезе свиты.

Отложения вороньетундровской свиты из района полосы Воронья-Колмозеро протягиваются далеко на юго-восток в область возвышенности Большие Кейвы, где эти отложения, представленные тонкозернистыми биотитовыми и амфиболо-биотитовыми гнейсами с пачками кислых эффузивов и их туфов, известны под названием гнейсов лебяжинской свиты. Они слагают огромные площади Больших Кейв, подстилает комплекс кристаллических (преимущественно кианитовых) сланцев Больших Кейв (кейвскую серию), и протягиваются на юг в область Малых Кейв, где в них известны полимиктовые конгломераты в основании и внутри свиты. В районе Западных Кейв гнейсы лебяжинской свиты залегают на олигоклазовых гранито-гнейсах с конгломератами в основании.

Образования вороньетундровской свиты и ее аналогов — это мощная толща терригенных, частично, возможно, вулканогенно-терригенных отложений, не отличающихся высокой зрелостью осадков. В краевых частях области осадконакопления на востоке Кольского полуострова широко распространены грубообломочные

разности пород — гравелиты и конгломераты (районы Воронья—Колмозеро и Малые Кейвы). В центральных частях прогиба в области Больших Кейв породы лебяжинской свиты представлены в основном песчаными и алевритовыми осадками.

В районе Малых Кейв сохранились выходы нижних горизонтов коры выветривания на гранитах, на которых залегают полимиктовые конгломераты основания гнейсов лебяжинской свиты, описанные в 1962г. А.К.Симоном. На этом основании, а также в связи с особенностями состава пород вороньютундровской свиты и ее аналогов, можно предполагать, что перед отложением вороньютундровских осадков имели место процессы физического и в меньшей мере химического выветривания более древних пород, с образованием коры выветривания площадного типа.

Стратиграфически выше без видимого углового, но с географическим и стратиграфическим несогласием на породах различных нижележащих свит залегают образования червуртской свиты и ее аналогов, относимые уже к кейвской серии. Отложения кейвской серии довольно широко распространены в полосе Воронья—Колмозеро, но классическим районом их развития является область Больших Кейв.

Червуртская свита кейвской серии представлена тонкослоистыми преимущественно высокоглиноземистыми кианитовыми, кианито—ставролитовыми и ставролито—кианито—биотитовыми сланцами и гнейсами, иногда с кордиеритом и силлиманитом, облик и состав которых со всеми специфическими литологическими особенностями закономерно меняются от периферических к центральным частям области седиментации. В отложениях червуртской свиты полосы Воронья—Колмозеро присутствуют конгломераты как внутри разреза, так, возможно, и в его основании (по Н.В. Карпинской и В.П.Зуевой). В районе Больших Кейв отложения червуртской свиты — разнообразные кианитовые сланцы — залегают на нижележащих биотитовых гнейсах без перерыва и с видимым согласием (по И.В.Белькову, Н.В.Батиевой, Д.Д.Мирской); грубообломочных осадков в их составе не установлено. А.А.Кухаренко, ссылаясь на А.Чумакова, указывает, что в восточной части Кейв в основании сланцевой толщи местами появляются конгломераты, заключающие гальку гнейсов.

В составе пород червуртской свиты преобладают глиноземистые пелитовые осадки, которые являются продуктом переотложения зрелой коры выветривания. Их пространственная приуроченность к центральным частям бассейна осадконакопления и появление в его краевых частях песчаных разностей с линзами и пластами конгломератов в основании и в разрезе свиты являются результатом процессов осадочной дифференциации. Закономерности изменения литологических особенностей пород в пределах области осадконакопления и анализ состава галек червуртских конгломератов указывают на существование основных источников сноса материала на севере и западе.

По—видимому, перед отложением высокоглиноземистых пород червуртской свиты, области источников сноса подверглись глубокому химическому выветриванию с образованием площадных кор выветривания. Из этого также следует предположение, что континентальный перерыв перед отложением червуртских пелитовых пород был достаточно длительным.

Следующий возрастной комплекс пород представлен высокодифференцированными осадками, до метаморфизма являвшимися кварцевыми песками, гравелита—

ми, кварцево-кварцитовыми конгломератами, песчано-глинистыми и карбонатными породами. Они образуют трансгрессивную серию в разрезе от терригенных, иногда грубообломочных через пелитовые к карбонатным породам. В районах Больших Кейв и Малых Кейв эти породы объединены в две свиты: **выхчуртскую** – мусковитовых кварцитов, кварцево-кварцитовых и полимиктовых конгломератов (в Малых Кейвах), **кианито-ставролитовых** и ставролито-слодяно-кварцевых сланцев и **вышелешалую** песчовотундровскую свиту двуслюдяных и кварцево-мусковитовых сланцев, кварцитов, доломитизированных известняков.

Эти же породы (стратиграфические аналоги **выхчуртской** и **песчовотундровской** свит) достаточно широко распространены южнее Малых Кейв в зоне субширотного грабенообразного прогиба **Имандра-Варзуга-Сосновка**. Здесь аналоги пород **выхчуртской** свиты являются базальными образованиями следующего крупного цикла осадконакопления и носят название **романовской** свиты. Выше в разрезе есть и аналоги пород **песчовотундровской** свиты – это породы на участке верхнего течения р.Пурнач (в том числе кварцито-песчаники с карбонатным цементом и песчанистые доломитизированные известняки и доломиты), возможно, аналогичные породы из района **Риж-губы** (**рижгубская** свита) и других участков прогиба **Имандра-Варзуга-Сосновка**.

Породы **выхчуртской** и **романовской** свит и их стратиграфические аналоги образовались при размыве зрелой коры химического выветривания, на формирование которой ушел, по-видимому, значительный промежуток времени. В составе окатанных обломков полимиктовых **выхчуртских** конгломератов в районе Малых Кейв (севернее и северо-восточнее оз.Романово) имеются экзотические породы, которых мы не наблюдаем в разрезе **нижележащих** комплексов. Это мелкозернистые кварцевые алевролиты (мусковитовые кварциты), которые кроме мусковита содержат 5-8% рудных минералов (магнетит, гематит, ильменгорутит), придающих породе серую окраску. Изредка встречаются также ярко-зеленые гальки **фукситовых** сланцев. Не исключено, что коренные породы – источники этих обломков в разрезе **нижележащих** пород не сохранились, так как были полностью уничтожены **предвыхчуртской** (**предромановской**) эрозией.

Таким образом, литологический состав пород этой свиты и присутствие в гальках конгломератов экзотических для докембрия **Кольского** полуострова пород могут свидетельствовать о значительности эпохи континентального перерыва и корообразования перед отложением **выхчуртских** (**романовских**) пород. По своему геологическому значению этот перерыв может соответствовать границе **нижнего** и **среднего** протерозоя.

Интенсивное накопление осадочно-вулканогенных мощных толщ продолжилось далее южнее в **субширотной** зоне **Имандра-Варзуга-Сосновка**, протянувшейся с запада на восток почти через весь **Кольский** полуостров.

Работами геологов **Северо-Западного** территориального геологического управления и **Кольского** филиала АН СССР осуществлены стратиграфическое расчленение пород **имандра-варзугского** комплекса и сопоставление его разреза с **печенгской** серией. В этом плане наиболее интересны результаты исследований **Н.Б.Бекасовой** и др. и **В.Г.Загородного** и др. В целом в сводном разрезе **вулканогенно-осадочных** образований в зоне **Имандра-Варзуга-Сосновка** указанные авторы выделяют

8 осадочно-вулканогенных ритмов (свит), которые объединяются в 4 трансгрессивно-регрессивных цикла (серии). Основание каждой свиты слагают осадочные толщи, которые залегают на подстилающих породах, как правило, с резким стратиграфическим (коры выветривания, конгломераты), географическим или даже угловым несогласием. Переходы от осадочных толщ вверх по разрезу каждой свиты к вулканогенно-осадочным и вулканогенным породам постепенные.

В восточной части зоны разрез среднепротерозойских отложений начинается породами романовской свиты – кварцитами, кварцевыми, а сверху полимиктовыми конгломератами. Верхняя, большая часть свиты сложена основными эффузивами и их туфами. В западном окончании зоны, в районе Монче-полуострова базальной является следующая, рижгубская свита, которая с большим перерывом, угловым несогласием и полимиктовыми конгломератами в основании залегают на всех нижележащих архейских и нижнепротерозойских комплексах пород. Нижняя треть рижгубской свиты сложена аркозовыми и кварцевыми песчаниками, алевроито-пелитовыми породами с линзами конгломератов, карбонатных пород и значительным участием туфового и перемытого вулканокластического материала. Верхняя, большая часть свиты сложена основными вулканитами и их туфами.

Рижгубская свита на востоке зоны Имандра-Варзуга, в бассейне р. Чапома начинается полимиктовыми конгломератами, впервые обнаруженными Н.А. Островской в 1954г. Здесь цемент конгломератов представлен песчанистым доломитом, а гальки и гравий – биотитовыми сланцами, гранито-гнейсами и гранитами. В конгломератах присутствуют маломощные линзы песчанистого доломита. Возможно, породы рижгубской свиты бассейна р. Чапома следует рассматривать как стратиграфические аналоги песчовотундровской свиты района Кейв.

Выше в разрезе среднепротерозойских отложений залегают терригенно-эффузивные образования сейдореченской свиты, среди которых на разных стратиграфических уровнях располагаются пласты и линзы туфо-конгломератов, фиксирующих локальные размывы на отдельных участках области седиментации.

Стратиграфически выше залегают породы полисарской свиты, в основании которых в центральной части Имандра-Варзугской структуры присутствуют туфо-конгломераты. Они впервые выделены В.Н. Соколовой, Л.И. Ивановой и Л.Н. Потрубович в 1966г. и отнесены ими к базальным образованиям. Данные Н.Б. Бекасовой подтверждают, что эти конгломераты залегают на выветрелой поверхности диоритовых порфиритов сейдореченской свиты. Вверх по разрезу конгломераты переходят в метапсаммиты, которые далее сменяются метаалевролитами и метапелитами. Венчает разрез толща основных и ультраосновных эффузивов и вулканических брекчий. Перед отложением осадков полисарской свиты имел место перерыв в осадконакоплении с развитием процессов выветривания. В.Г. Загородный и др. с полисарской свитой параллелизуют свиту ахмалахти в Печенгском прогибе, в основании которой имеется пачка полимиктовых конгломератов. С.И. Макиевский и К.А. Николаева считают эти конгломераты более древними, аналогичными сариолийским конгломератам Карелии.

Залегающая согласно стратиграфически выше умбинская свита представлена в нижней части пачкой карбонатных и терригенно-карбонатных пород с прослоями карбонатно-глинистых сланцев и маломощными линзами мелкогалечных конгломератов, содержащих в большинстве обломки в разной степени измененных ультраоснов-

ных пород из подстилающих образований полисарской свиты. Выше умбинская свита сложена эффузивами основного, среднего и реже кислого состава и их туфами. Умбинские конгломераты отражают локальные размывы островных поднятий и не фиксируют сколько-нибудь крупного перерыва в осадконакоплении. Аналогом умбинской свиты в Печенгском прогибе является свита куэтсарви.

Следующая свита, ильмозерская, залегает с размывом и базальными конгломератами в основании на коре выветривания подстилающих эффузивных пород. В составе свиты присутствуют псаммиты, пелиты, карбонатные и кремнисто-карбонатные породы, эффузивы основного и среднего состава и их туфы. Наличие коры выветривания на подстилающих эффузивах и присутствие в обломках конгломератов пород не только умбинской, но и сейдореченской свит являются свидетельством существенного перерыва в осадконакоплении. Возрастным и литологическим аналогом ильмозерской свиты на Печенге является свита колас-йоки. Ильмозерская свита согласно перекрывается терригенно-вулканогенными породами панареченской свиты (на Печенге - свита пильягуярви), на которой несогласно залегают эффузивы среднего и кислого состава и их туфы ливкинской (на Печенге - порьяташской) свиты. Отложением этих осадков, по-видимому, и завершилась среднепротерозойская седиментация на Кольском полуострове.

К отложениям верхнего протерозоя (рифей) относятся мощные терригенные толщи полуостровов Среднего и Рыбачьего, острова Кильдина, песчаники Терского берега и Турьего полуострова.

ЭПОХИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПЕРЕРЫВОВ В ДОКЕМБРИИ БАЛТИЙСКОГО ШИТА

На основании детального литологического изучения пород раннего докембрия Кольского полуострова и сопредельных территорий и, в частности, их грубообломочных разностей, а также на основании анализа литературных данных можно говорить об этапности осадкообразования в докембрии Балтийского щита и выделении ряда континентальных перерывов, зафиксированных корами выветривания, продуктами их переотложения, угловыми несогласиями и другими геологическими особенностями.

Из приведенного выше анализа строения разреза вытекает, что многие выделяемые свиты или толщи, не говоря о сериях, залегают на других стратиграфических единицах с размывом и конгломератами в основании. Довольно часто в разрезе раннего докембрия фиксируются географические несогласия, четко выявляемые при картировании. Резкая смена состава пород в разрезе также маркирует перерывы в осадконакоплении. Наблюдающиеся иногда угловые несогласия в залегании глубоко метаморфизованных пород, а также наложение нескольких этапов складчатости и их различное количество в разновозрастных комплексах - все это показатели перерывов в докембрийской геологической летописи.

Перерывов в осадконакоплении в разрезе раннего докембрия Балтийского щита выявляется очень много. Не все они равнозначны по длительности и значению в геологической истории. Наиболее значимы те, которые разделяют такие крупные отрезки истории, которые мы называем археем, нижним или средним протерозоем,

рифеем. Эти перерывы маркируются угловыми несогласиями, эпохами континентального корообразования, складчатости и регионального метаморфизма. Следующие по значимости перерывы в осадконакоплении фиксируются хорошо развитыми корами химического выветривания без значительной тектонической перестройки и позволяют вести более дробное расчленение раннего докембрия, например на серии. Перерывы, выраженные стратиграфическими и географическими несогласиями, более многочисленны, но, с другой стороны, и более кратковременны — по ним, в частности, мы выделяем те или иные свиты докембрийских метаморфических пород.

Самой ранней из известных на Балтийском щите эпох континентального выветривания можно считать предкеретскую, поскольку породы керетской свиты — это уже достаточно дифференцированные терригенные накопления, а более древние, подстилающие толщи в пределах Балтийского щита нам пока не известны. Степень зрелости керетских псаммитов была не слишком высокой, так как в обломочной части пород присутствует много зерен полевых шпатов. Однако развитие процессов химического выветривания в докеретскую эпоху можно предполагать на основании присутствия в разрезе прослоев пелитовых пород и значительного количества глинистого цемента в керетских псаммитах.

Вторая крупная эпоха выветривания и континентального корообразования — предлоухская. Она фиксируется длительным перерывом в осадконакоплении и широким развитием химической коры выветривания. Угловое несогласие, с которым лоухские породы и их стратиграфические аналоги залегают на нижележащих образованиях, позволяет считать эту эпоху разделяющей, по крайней мере, ниже- и верхнеархейские комплексы пород. Степень зрелости осадочного материала лоухской свиты и ее аналогов весьма высокая. В разрезе имеются высокоглиноземистые пелитовые толщи и прослои почти чистых кварцитов.

Следующий весьма значительный перерыв в осадконакоплении (третья эпоха) отделяет нижнепротерозойские толщи пород от нижележащих архейских. Нижнепротерозойские терригенные породы отлагались на неоднократно складчатом, метаморфизованном, пенецпленизированном архейском, или даже нижнеархейском, основании; часто содержат базальные конгломераты, прослои пелитовых осадков, кварцитов и иногда известняков. Локальные и кратковременные перерывы в осадконакоплении в раннепротерозойское время имели место между отложением пород всех выделяемых в разрезе свит. Но, пожалуй, самым существенным и имеющим региональное распространение был предчервуртский (четвертый) перерыв (эпоха) с развитием процессов химического континентального корообразования. Червуртские осадки, по существу, являются продуктом перетолжения хорошо химически переработанной коры выветривания и включают в себя высокоглиноземистые пелитовые и алевропелитовые осадки, реже псаммиты, в том числе кварциты. В краевых частях бассейна осадконакопления в червуртских терригенных отложениях присутствуют полимиктовые конгломераты, состав обломков которых свидетельствует о длительном континентальном перерыве перед отложением пород червуртской свиты.

Пятая эпоха глубокого выветривания, тектонических подвижек и, быть может, метаморфизма — это предромановский (предкарельский) континентальный перерыв. Он фиксирует границу нижнего и среднего протерозоя на территории Кольского полуострова, Карелии и Финляндии. Породы в основании среднего

протерозоя — кварциты, кварцевые и кварцитовые конгломераты, кварцитовые и слюдяно-кварцевые сланцы выше по разрезу сменяются пелитовыми и карбонатными разностями. Реликты предкарельской континентальной коры выветривания известны во многих местах на Балтийском щите, а карельские (среднепротерозойские) осадки являют собой продукты ее перемыва и переотложения.

Внутри разреза среднего протерозоя наблюдается серия локальных перерывов в осадконакоплении, фиксирующихся конгломератами, реже корами выветривания. Но длительность этих перерывов и значение невелики, они в известной мере локальны, в сравнении с перечисленными выше. Наибольший интерес в разрезе среднего протерозоя представляет предильмозерский перерыв, поскольку он был весьма длительным и фиксируется кроме конгломератов также корой выветривания, развитой на подстилающих эффузивах, и угловым несогласием между ильмозерскими и нижележащими породами. Эпоху предильмозерского выветривания можно считать значимой для всего Балтийского щита. Это шестая крупная эпоха в континентальной истории указанного региона.

Следующая, седьмая эпоха выветривания, корообразования, складчатости, метаморфизма и пенеппенизации — это эпоха предрифейская, которая разделяет отложения среднего и верхнего протерозоя. Рифейские толщи — это преимущественно аркозовые терригенные отложения, которыми начинается новый крупный этап в геологической истории Балтийского щита.

Таким образом, в раннедокембрийской геологической истории Балтийского щита могут быть выделены, по крайней мере, семь крупных эпох континентального корообразования.

А.М.ЦЕХОМСКИЙ

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ФОРМАЦИЙ ДОКЕМБРИЙСКИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И ИХ МИНЕРАГЕНИЯ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Имеющиеся в настоящее время материалы позволяют предполагать, что коры химического выветривания формировались на протяжении почти всей геологической истории. Однако их широкое региональное распространение и наиболее глубокие изменения исходных пород устанавливаются только для отдельных эпох, отличавшихся особыми физико-географическими условиями, которые определялись наиболее общими факторами развития Земли как планеты. Это позволяет рассматривать указанные эпохи в планетарном масштабе.

Для фанерозоя факт существования эпох корообразования был установлен много лет тому назад. Что же касается эпох корообразования докембрия, то их существование было выявлено всего несколько лет назад; совсем недавно, лишь в ходе исследований последних лет, стало вырисовываться их положение во времени (А.В.Сидоренко, 1963; А.В.Сидоренко, В.М.Чайка, 1970; В.Е.Хаин, 1971; Л.И.Салоп, 1973; К.О.Кратц и др., 1973; А.М.Цехомский, 1974). Предполагается, что главными эпохами корообразования в докембрии были раннеархейская, позднеархейская – раннепротерозойская, среднепротерозойская – рифейская, среднерифейская и позднерифейская – вендская.

Основаниями для выделения указанных эпох послужили данные об особенностях тектонических движений и физико-химических условий, а также данные о возрасте и составе элювиальных образований и толщ, сложенных дифференцированными продуктами разложения древних материнских пород. Следует отметить, что хотя количество пунктов, где установлены докембрийские коры выветривания пока невелико, но оно быстро возрастает. Что же касается связанных с корами выветривания докембрия скоплений переотложенных продуктов, то для них характерно значительное распространение на всех континентах. Поэтому для сопоставления эпох и особенно для оценки их перспективности на полезные ископаемые целесообразно использовать данные о распространении и стратиграфии

не только кор выветривания, но и подчиненных им осадочных образований (то есть **формаций кор выветривания**); к последним, как уже отмечалось (Цехомский, 1974), относятся остаточные образования (элювиальная субформация) и осадки (осадочная субформация), представленные слабо перемещенными продуктами кор. Это, несомненно, будет способствовать более обоснованному определению геохронологии эпох корообразования и лучшему пониманию геохимических особенностей выветривания. Использование данных по осадочным субформациям диктуется также и слабой сохранностью докембрийских кор выветривания.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ФОРМАЦИЙ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И ГЛАВНЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Сопоставление данных по формациям докембрийских эпох корообразования показывает, что наряду со значительным сходством они характеризуются и существенными отличиями.

Большинство кор в докембрии относится к сиаллитному типу. При этом для пород кислого состава, так же как в фанерозое, наиболее характерен каолинит (гидрослюдистый и каолиновый состав конечных продуктов выветривания). Для кор, образующихся на основных породах, конечными, по-видимому, являлись монтмориллонитовые, монтмориллонит-каолиновые продукты. В результате метаморфизма глинистые продукты сиаллитных кор выветривания переходят в пиррофиллитовые, серицитовые и другие сланцы и гнейсы с кианитом, силлиманитом, гранатом, кордиеритом. Примеры пород, содержащих высокоглиноземистые минералы, известны в Сибири, на Кольском полуострове, на Украинском щите и в других районах. Пиррофиллитовые сланцы обнаружены в составе формации кор выветривания на Енисейском крае, Патомском нагорье, Урале. Помимо сиаллитного выветривания, во многих регионах почти всех эпох докембрия, включая и раннеархейскую, по-видимому, происходило и более полное разложение пород субстрата с обогащением получающихся пород минералами свободного глинозема (латеритный тип). При метаморфизме продукты латеритных кор выветривания превращаются в дистеновые и корундовые породы. Для архея в этом случае могут служить показателем корундовые руды чайинтской свиты хр.Станового (Озеров, Быховер, 1936), возможно, бугской серии Украинского щита (Г.Х.Димитров), серии Стип-Рок Канадского щита (Dunn, 1966) и аналогичные образования в Индии (Jolliffe, 1929).

В эпоху конца среднего и начала позднего протерозоя латеритное выветривание документируется по наличию пород с диаспоровыми конкрециями на территории Патомского нагорья (пурпольская свита), изучавшихся В.К.Головенком (1967). Концентрации минералов свободного глинозема установлены также среди среднерифейских отложений Прибайкалья и Русской платформы (Левченко и др., 1975). Значительным распространением коры латеритного типа пользовались в эпоху позднего рифея - венда. Это подтверждается данными по Западным и Восточным Саянам, где установлено большое число проявлений осадочных бокситов, вплоть до их промышленных залежей (Боксонское месторождение), а в последнее

время обнаружены образования, соответствующие, по-видимому, нормальному профилю латеритной коры.

Постоянным членом литологических комплексов формаций кор выветривания всех эпох докембрия являются кварцевые песчаники и кварциты. Они представляют, как правило, базальные горизонты трансгрессивных серий или отдельные пачки слоев преимущественно нижней части разреза регрессивных комплексов континентальных или мелководных фаций морских отложений. Примерами могут служить кварциты иенгской подсерии раннего архея Алданского щита, песчаники карельской серии раннего протерозоя Карелии, мукунской серии начала позднего протерозоя Анабарского щита, голоустенской свиты среднего рифея Прибайкалья, зигальгинской свиты позднего рифея Урала, нижнеангарской свиты позднего рифея Енисейского кряжа. Этот перечень может быть продолжен за счет аналогичных формаций, относящихся как к докембрию, так и к фанерозою.

Песчаники, а в архее кварциты слагают мощные толщи, отличающиеся нередко значительной однородностью. Чистые, мономинеральные их разновидности развиты преимущественно среди позднепротерозойских отложений. Содержание кремнезема в них достигает 99,0–99,8%, количество примесей ограничивается десятками и сотнями долями процента (Черемшанское месторождение в Восточном Забайкалье).

Следует отметить, что кварцевые песчаные и первично-глинистые породы, являющиеся, как известно, главными компонентами при дифференциации материала кор выветривания аллосиликатного субстрата, обычно слагают единые комплексы. Однако во многих районах мощные толщи кварцевого материала или не сопровождаются первично-глинистыми породами в пропорциональном количестве, или последние вовсе отсутствуют. Примерами могут служить мукунская серия Анабарского щита, голоустенская свита Прибайкалья, сегозерская серия Карелии и т.д. Это объясняется выносом мелкого глинистого вещества за пределы районов развития материнских кор и накопления кварцевого материала. Учитывая, что глинистые породы часто обогащены многими ценными компонентами и сами могут представлять интерес как полезное ископаемое, установление областей их накопления и изучение вещественного состава является важной задачей.

Железные руды, в частности железистые кварциты, играют в древних комплексах первостепенную роль, представляя собой одно из главных полезных ископаемых докембрия. Несмотря на большой объем проведенных исследований и длительную дискуссию в литературе, вопрос об их генезисе, однако, все еще остается спорным. Правда, сама по себе гипотеза осадочного происхождения железистых кварцитов является почти общепризнанной, но поступление железа одни исследователи связывают с вулканизмом, другие – с континентальным выветриванием пород преимущественно основного состава. В последнее время высказано предположение (Головенок, 1975) о формировании железистых кварцитов путем привноса в рассланцованные породы соединений железа и кремния, поступающих с гидротермами по трещинам зон глубинных разломов. Не имея возможности подробно проанализировать высказываемые взгляды на генезис железных руд докембрия, отметим только тесную связь большинства их залежей с эпохами регионального развития кор выветривания (наличие кор выветривания в разрезе подавляющего большинства месторождений). Хорошо прослеживается также зависимость распространения и изменения состава железных руд от физико-химических условий, господствовавших

на поверхности Земли в указанные эпохи. Учитывая все это, мы — в известной степени условно, относим железные руды в докембрии к формациям кор выветривания. Отсюда отнюдь не следует, что участие вулканизма в железорудном процессе полностью исключается, но, по нашему мнению, вулканизм в основном следует рассматривать как источник богатых железом аллюмосиликатных пород, которые являлись субстратом при образовании формации кор выветривания.

Характер железных руд во времени существенно менялся. Для раннего архея типична сравнительно бедная вкрапленность магнетита в кварцитах и сланцах (иенгская подсерия Алданского щита, далдынская подсерия Анабарского поднятия). Более богатые руды формировались на Алданском щите уже в начале среднего архея, когда на поверхности обнажались иные породы и накопление железа (магнетитовые руды) происходило вблизи выходов карбонатов, создававших, по-видимому, геохимический барьер для экзогенных рудных растворов (Федоровская свита среднего архея).

Огромного размаха процесс образования железных руд достиг в конце архея — начале протерозоя. Типичные месторождения магнетитовых кварцитов этого возраста известны в пределах СССР и ряда зарубежных стран (Украинский и Балтийский щиты, Воронежская антеклиза, Северо-Американская и Африканская платформы и т.д.). Для этого времени характерно существенное изменение гипергенных процессов, связанных с уменьшением в атмосфере и гидросфере углекислоты, аммиака за счет инертных газов и, что особенно важно — с появлением значительных количеств свободного кислорода. Окисление железа способствовало его быстрому выпадению из растворов и накоплению в прибрежных зонах водоемов. К началу протерозоя относится также увеличение количества органического углерода, который поддерживал в осадках восстановительные условия (А.П. Виноградов, 1958; Н.М.Страхов, 1963; О.М.Розен, С.А.Сидоренко, 1973; А.И.Тугаринов, 1975 и др.). В последующие эпохи докембрия наряду с магнетитовыми формировались гематитовые и сидеритовые руды. В рифее два последних типа руд преобладали.

Золотоносные конгломераты являются наиболее важным типом месторождений золота среди докембрийских образований. Они связаны с формациями кор выветривания, развивавшихся на гранитоидах, реже на породах среднего и основного состава (Чайковский, 1966; Кайряк, Негруца, Гуменный, 1975 и др.). Выделены две группы золотоносных конгломератов. К одной из них отнесены первично-осадочные образования (метаморфизованные россыпи), содержащие кластогенное, отчасти хемогенное золото. Эта группа концентраций золота широко распространена в докембрийских аллювиальных и аллювиально-морских преимущественно средне- и грубообломочных отложениях. К другой группе относят проявления гидротермальной минерализации стратиформного типа (конгломераты и более мелкозернистые породы в этом случае служили вмещающими образованиями; они, по-видимому, особо благоприятствовали разгрузке золотоносных растворов). Конгломераты второй группы развиты обычно локально. Их золотоносность связана с влиянием более поздних интрузий или с гидротермами в зонах дробления. Золотоносные конгломераты выявлены в основании раннепротерозойского комплекса Балтийского, Алданского щитов, в базальных отложениях курской серии Воронежского поднятия, среди раннерифейских отложений Восточного Саяна и средне-

и позднерифейских отложений Прибайкалья и Иркутского амфитеатра. Руды аналогичного типа, в отдельных случаях ураноносные, известны на юге Африканской платформы и в пределах докембрийских щитов Индии и Австралии. Месторождения некоторых из названных районов интенсивно разрабатываются и являются крупнейшим источником золота. К таким месторождениям относится, в частности, месторождение Витватерсранд в Южной Африке. Отметим, что золотоносные образования, близкие к рассмотренным по генезису, развиты также среди формаций фанерозойских кор выветривания.

Фосфориты, согласно взглядам многих исследователей, также тесно связаны с формациями кор выветривания, а некоторые их типы являются элювиальными образованиями (Бушинский, 1966, 1971; Бгатов, Герасимов, Казаринов, 1969; Ильин, 1973 и др.). Первичным источником фосфора являются, вероятно, магматические породы, при выветривании которых фосфор включался в осадочный процесс. Накапливался фосфор преимущественно в морских условиях, обогащая отдельные горизонты главным образом карбонатных и кремнисто-карбонатных пород. Примерами тому могут служить многочисленные проявления и месторождения относительно бедных фосфоритов средне- и позднерифейского возраста Алтае-Саянской складчатой области, Присянья и Западного Прибайкалья (Гуревич, Красильникова, 1971). Одним из характерных месторождений фосфоритов этого типа в Восточном Саяне является Ухагольское. Важное практическое значение имеют фосфориты карстового типа. Они образуются в результате выветривания фосфорсодержащих карбонатных пород, чистых или частично окремненных. Месторождения карстовых фосфоритов, связанные с мезозойскими и кайнозойскими корами выветривания, известны на Урале (Ашинское), в Алтае-Саянской складчатой области (Белкинское, Обладжанское) и в других районах.

Ракушниковый и островной типы фосфоритов нет оснований относить к формациям кор выветривания, поскольку для них доказана биогенная природа. Такие месторождения характерны для фанерозоя.

В связи с анализом вопроса о формациях кор выветривания в докембрии особое значение имеет проблема эволюции биоса. Полученные за последние годы данные свидетельствуют о большой роли биоса во всем осадочном процессе докембрия (Розен, Сидоренко, 1973 и др.), однако указаний на участие органических соединений в континентальном выветривании пока недостаточно. Вместе с тем известно, что горизонты, сложенные продуктами глубокого химического разложения пород (кварцевыми песчаниками, высокоглиноземистыми образованиями), как правило, сочетаются с отложениями, имеющими повышенные содержания органического углерода. Причем такие отложения нередко обладают значительными содержаниями (вплоть до промышленных концентраций) золота, меди, урана и других полезных компонентов. Последние, возможно, поступали с растворами, обогащенными при формировании кор выветривания.

ЭВОЛЮЦИЯ КОРООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

Как следует из приведенных данных, общая направленность континентального выветривания, начавшегося, по-видимому, еще на раннем этапе возникновения материков, сохранилась и в более поздние периоды геологической истории. Все продукты выветривания, включая полезные ископаемые разных эпох корообразования, обладают значительным сходством. Различаются они главным образом количественным соотношением отдельных минералов и их распределением (которые зависят не только от менявшихся со временем физико-химических условий, но и, причем в большой степени, от характера субстрата, подвергавшегося выветриванию). Наблюдаемое в настоящее время разнообразие докембрийских формаций кор выветривания определяется, помимо указанных первичных причин, также и действием наложившихся в последующем факторов (режим тектонических движений, метаморфизм, а местами и влияние гипогенных процессов). Последнее характеризует, например, состав железных руд Федоровской свиты на Центральном Алдане, которые богаты скарновыми минералами. Обращаясь к материалам по отдельным эпохам докембрия, мы видим, что наибольшим своеобразием отличается формация раннеархейской эпохи. Полная перекристаллизация слагающих ее пород затрудняет выяснение их первичной природы. Однако ряд признаков позволяет считать, что в образовании этих пород большую роль играло химическое выветривание. Оно развивалось, по-видимому, на медленно поднимающихся куполовидных структурах в восстановительной обстановке, при повышенных температурах, в условиях атмосферы с высокой химической активностью. При этом происходило почти полное растворение алюмосиликатов субстрата (кора выветривания не имела полного профиля). Осадочная субформация, представленная кварцитами, алюмосиликатными породами с минералами свободного глинозема и с магнетитом, достигала большой мощности (Л.И.Салоп, 1973; Е.А.Кулиш, 1973; Л.И.Салоп, Л.В.Травин, 1974 и др.).

Эпоха конца архея - начала протерозоя отличалась от предыдущей раннеархейской эпохи как физико-химическими условиями выветривания, так и характером субстрата и последующими изменениями образующихся продуктов. Снижение температуры поверхности Земли и меньшая химическая активность ее атмосферы явились причиной менее интенсивного разложения исходных пород. Последние были представлены осадочно-вулканогенными, обломочными и карбонатными образованиями. Среди продуктов выветривания большую роль начинает играть обломочный материал. Появление свободного кислорода существенно сказалось на миграции многих элементов и способствовало, в частности, быстрому выпадению из растворов железа. Мощность формации не столь велика, как формации первой эпохи. В протерозойских породах, как правило, различаются первичные структуры - полная перекристаллизация свойственна только архейским образованиям из полезных ископаемых, особую роль приобретают руды железа, золота, урана и других металлов.

Последующие докембрийские эпохи отличались от первой и второй эпох характером геоморфологии суши и характером субстрата (в состав которого помимо архейских супракрустальных образований входили относительно слабо метаморфизованные разнообразные осадочные и вулканогенно-осадочные породы про-

терозоя), а также и условиями выветривания. Эти условия, как известно, приоб-
лижались к фанерозойским.

Три последние из выделенных нами докембрийских эпох корообразования раз-
личаются также и между собой. Так, для конца среднего – начала позднего про-
терозоя типичны особая широта развития, большая мощность и разнообразие сос-
тава кор выветривания. С этой эпохой связаны крупнейшие залежи высокоглинозе-
мистых, кварцевых пород, многочисленные проявления золота, россыпи титанистых
минералов и циркона.

Существенным своеобразием характеризуется эпоха позднего рифея – венда,
на которую, видимо, приходится начало дифференциации климата: различия в коли-
честве осадков и температурном режиме создали в одних районах благоприятные
условия для бокситонакопления (Восточная Сибирь), а в других – для развития
эвапоритов (Русская платформа). Во многих районах мира шло образование
ледниковых отложений (Северо-запад Русской платформы, Швеция, Норвегия).
Что же касается полезных ископаемых, для этой эпохи характерны увеличение
их разнообразия, рост количества концентраций меди, цинка, проявлений фосфо-
ритов, руд марганца. Вместо руд двухвалентного железа основное значение
приобретают окисные железные руды.

Таким образом, несмотря на неизменное основное направление процессов
выветривания, каждая эпоха корообразования отличается присущим ей своеобра-
зием. Общей особенностью докембрийских формаций кор выветривания является их
большая мощность. Так, раннеархейская формация достигает мощности 2,5 тыс. м.

Мощность формаций протерозойского возраста измеряется, как правило, мно-
гими сотнями метров и километрами (пурпольская свита в Патомском нагорье –
900–950 м, мукунская серия Анабарского поднятия около 700 м, зигальгинская
свита на Урале более 1000 м и т.д.). Это резко отличает их от формаций фане-
розойских кор выветривания, мощности которых обычно не превышают первых
сотен и десятков метров. Не менее характерной чертой рассматриваемых формаций
являются большие масштабы заключенных в них месторождений полезных ископае-
мых. Однако для руд этого месторождения типично малое содержание металла, а
для неметаллического сырья – большое количество посторонних минеральных при-
месей. Повышение качества многих из этих видов сырья происходило в процессе
последующего выветривания продуктивных комплексов, выведенных на поверхность
относительно молодыми тектоническими движениями (дополнительная дифференци-
ация продуктов повторного выветривания). Этот процесс хорошо изучен для желе-
зных и марганцевых руд, фосфоритов, кварцевого сырья и еще некоторых полезных
ископаемых. Относительное обогащение (металлом) железных руд наиболее ярко
выразилось при последующем, более молодом выветривании джеспилитов протеро-
зойского возраста. Сущность этого процесса, как известно, заключается в мар-
титизации руд и удалении кремнезема. Примерами такого рода могут служить мес-
торожения КМА и Кривого Рога. Обогащение марганцем продуктов кор палеогено-
вого возраста наблюдается при выветривании протерозойских пород Восточного
Саяна. Среди фанерозойских отложений многих районов широко развиты вторичные
фосфориты, образовавшиеся при выветривании докембрийских пород со сравни-
тельно низкими содержаниями фосфора. Известно большое количество примеров

резкого улучшения качества кварцевого сырья в результате удаления минеральных примесей при повторном выветривании и т.д.

ВЫВОДЫ

Изложенные данные позволяют сделать вывод, что условия для развития кор выветривания существовали еще на раннем этапе возникновения материков. В дальнейшем эти условия существенно изменились, однако общий характер процессов корообразования остался тем же.

Изучение формаций докембрийских кор выветривания важно в научном и практическом отношении. Уже теперь очевидно, что для многих районов коры выветривания могут служить надежным критерием при корреляции геологических разрезов, а также при реконструкции схем тектонических движений, физико-химических и климатических обстановок прошлого. Формации докембрийских кор выветривания включают огромные запасы разнообразного минерального сырья, однако изученность их еще недостаточна для решения многих геологических и практических вопросов.

В процессе дальнейших исследований, наряду со всесторонним изучением самих кор выветривания, необходимо выделение и картирование их формационных комплексов. Это дает возможность более полно охарактеризовать геологическую позицию образований, возникших в эпохи регионального развития кор, и изучить их минерогенез. Проведение этих исследований потребует уточнения ряда геологических и палеогеографических представлений, касающихся как принципов формационного анализа, так и методов картирования. Несмотря на имеющиеся трудности можно полагать, что уже накопленные материалы и определенный опыт в выполнении подобных работ позволят успешно решить эти задачи. Необходимо, чтобы карты формаций кор выветривания в дальнейшем стали геологической основой при оценке перспектив и прогнозировании гипергенных полезных ископаемых как фанерозойского, так и докембрийского возраста.

Л и т е р а т у р а

Б г а т о в В.И., Г е р а с и м о в Е.К., К а з а р и н о в В.П. Закономерности породо- и рудообразования. Фосфориты. — В кн.: Выветривание и литогенез. "Недра", 1969, с.400—415.

Б у ш и н с к и й Г.И. О происхождении морских фосфоритов. — "Литол. и полезн. ископ.", 1966, № 3.

Б у ш и н с к и й Г.И. Общие черты и особенности накопления осадочных руд алюминия, железа, марганца, фосфора. М., ГИН АН СССР, 1971. 104с.

В и н о г р а д о в А.П. Химическая эволюция Земли. М., изд-во АН СССР, 1958. 44с.

Г о л о в е н о к В.К. Высокоглиноземистые конкреции в метаморфических толщах докембрия. — "Литол. и полезн. ископ.", 1967, № 1.

Г о л о в е н о к В. К. Железистые кварциты раннего докембрия и

проблема их происхождения. I Всесоюзн. совещ. по металлогении докембрия. Тезисы докладов. Л., 1975, с.40-42.

Горошников Б.И. Петрология высокоглиноземистых кристаллических пород докембрия Украины. Киев, "Наукова думка", 1971. 210с.

Гуревич Б.Г., Красильникова Н.А. Литологические типы фосфоритов.- В кн.: Фосфоритовые формации юга Сибири. Красноярск. книжн. изд-во, 1971, с.194-212.

Забияка А.И. Особенности литологии и метаморфизма терригенных отложений докембрийских ритмично-слоистых толщ Таймыра.- "Докл. АН СССР", 1974, 215, №4, с.951-954.

Забияка А.И. Стратиграфия и осадочные формации докембрия Северо-Западного Таймыра. Красноярск. книжн. изд-во, 1974. 128с.

Ильин А.В. Хубсугульский фосфоритоносный бассейн. М., "Наука", 1973. 167с.

Кулиш Е.А. Высокоглиноземистые метаморфические породы архея Алданского щита и их литология. Хабаровск, Ин-т тектоники и геофизики, 1973. 369с.

Кратц К.Р., Соколов Ю.М., Глебовицкий В.А., Дагелатский В.Б., Салье М.Е., Турченко С.И. Особенности эволюции метаморфогенного рудообразования в докембрии СССР.- "Геол. рудн. месторожд.", 1973, № 6, с.3-16.

Левченко С.В., Бобров Е.Т., Волочаев Ф.Я., Щипакина И.Г. Докембрийские коры выветривания Русской платформы, условия их формирования и перспективы рудоносности.- Мат. Всесоюзн. семинара "Коры выветривания и связанные с ними полезные ископаемые". М., ВИМС, 1975, с.72-75.

Озеров К.Н., Быховер Н.А. Месторождения корунда и кианита в Верхне-Тимптонском районе Якутской АССР.- Тр. ЦНИГРИ, вып. 82, 1936, с.101.

Розен О.М., Сидоренко С.А. Формации углеродистых отложений в докембрии.- X Всесоюзн. литолог. совещ. Тезисы докладов. М. 1973, с.275-279.

Сидоренко А.В. Проблемы осадочной геологии докембрия.- "Сов. геология", 1963, № 4, с.3-23.

Сидоренко А.В. Изучение докембрия - важнейшая задача современной геологии. - "Вестн. АН СССР", 1965, № 10.

Сидоренко А.В., М.В. Чайка. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия.- В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. 1970.

Сидоренко А.В. Очередные проблемы литологического изучения докембрия.- В кн.: Состояние и задачи советской литологии, т. I. М., "Наука", 1970, с.148-158.

Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат, 1963. 535с.

Салоп Л.И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. "Недра", 1973. 308с.

Салоп Л.И., Травин Л.В. Новые данные о стратиграфии и тектонике архейских образований центральной части Алданского щита.- Тр. ВСЕГЕИ, нов.

сер., 1974, 199, с.5-83.

Т у г а р и н о в А.И. Об эволюции процессов рудообразования в докембрии.-I Всесоюзн.совещ. по металлоген. докембрия. Тезисы докладов. Л., 1975, с.8-9.

Х а и н В.Е. Региональная геотектоника. "Недра", 1971. 546с.

Ц е х о м с к и й А.М. О закономерностях размещения полезных ископаемых кор выветривания. - "Сов.геология", 1974, № 2, с.55-67.

Ц е х о м с к и й А.М. Формация кор выветривания. - В кн.: Основы регионального изучения кор выветривания. Л., ВСЕГЕИ, 1974, с.29-34.

Ч а й к о в с к и й В.К. Генетические типы золотоносных конгломератов.- В кн.: Золотоносные конгломераты южной окраины Сибирской платформы. "Недра", 1966, с.117-139.

Ю д и н Н.И. Литология железорудных месторождений Ангаро-Патского бассейна. М., "Недра", 1968. 153с.

Dunn I.A. The Aluminium refractory materials: kyanite, sillimanite and corundum in Northern India. Mem. Geol. Surv. India, 1929, 52, N 2, p. 145-274.

Jolliffe A.W. Stratigraphy of the Steeprock group. In: Ontario Precambrian symposium. (Geol. Assoc. Canada. Spec. pap.), 1966, N 3, p. 75-78.

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Основным источником информации о ведущих факторах экзогенеза являются остаточные коры выветривания и продукты их переотложения. На Балтийском щите выявлена и с той или иной детальностью изучена чуть ли не треть всех известных в настоящее время разрезов докембрийских кор выветривания.

Однако только весьма незначительная часть их описана в специальных работах (Головенко, 1971; Корякин, 1967; Корякин, 1970; Никонов, 1968; Савельев, Тимофеев, 1973; Сидоренко, Чайка, 1970; Сидоренко, 1958; Слукин, 1973; Соколов, Хейсканен, 1966). В настоящем сообщении авторы задались целью дать краткий обзор состояния основных проблем изучения докембрийских кор выветривания Балтийского щита, круг которых, по-видимому, такой же, как и для докембрийского гипергенеза в целом.

В основу сообщения положены детальные наблюдения, выполненные при стратиграфических, палеогеографических и металлогенических исследованиях. В процессе этих работ докембрийские коры выветривания являлись такими же равноценными объектами исследования, как и другие (осадочные и вулканогенные) образования докембрия. Изучение во всех случаях было комплексным и производилось на основе литогенетического подхода с привлечением геохимических и минералогических методов анализа. Авторами обследовано 60 изолированных участков развития докембрийских кор, объединяющих около 150 разрезов. Значительная часть их была обнаружена впервые.

А.А.Метцгер (1924) и Х.Вярюнен (1928, 1959, 1967) первыми показали, что характерные для нижней границы ятулия и известные еще с середины прошлого века так называемые "базальные сланцы" образовались за счет продуктов доятулийского выветривания. Работами Л.Я.Харитоновой, М.А.Гиляровой, П.Эсколи и др. было установлено, что практически повсюду там, где наблюдаются непосредственные контакты ятулия с подстилающими образованиями, последние содержат признаки предьятулийского выветривания (заключающегося в закономерном, по мере приближения к контакту с ятулием, переходе коренной породы в кварцево-сланцевые сланцы). Позже детальные исследования показали, что коры выветривания, аналогичные предьятулийским, присутствуют как внутри ятулийского разреза, так и значительно много ниже и выше по разрезу. В настоящее время определенно установлено наличие продуктов докембрийского выветривания на различных стратиграфических уровнях (Богданов и др., 1971; Объяснительная записка...

1974; Салоп, 1973; Сидоренко, Чайка, 1970; Харитонов, 1966).

Наиболее древней из известных в пределах Балтийского щита является метаморфизованная в амфиболитовой фации кора выветривания на "лебяженских" гнейсах под кварцито-сланцевой толщей кейвской серии. Остаточные продукты кор выветривания этого уровня обнаружены и сравнительно полно изучены на ряде участков Кейвской возвышенности в пределах Кольского полуострова (Головенко, 1971). Аналогичные по положению в разрезе и литолого-геохимическим особенностям образования можно наблюдать в основании тикозерской серии в северной и северо-восточной Карелии (Хизовара, Ахвен-лампи и др.) и, возможно, в основании высокоглиноземистой свиты беломорского комплекса и ее аналогов.

Время формирования кейвской коры выветривания определяется в интервале от 3500 до 2800 млн.лет, ближе к 3500 млн.лет (Объяснительная записка... , 1974). Но такая трактовка стратиграфического положения и возраста этих образований разделяется далеко не всеми исследователями.

Второй уровень - сумийский. Кора выветривания в основании сумия установлена в Куола-Выгозерской зоне сочленения карелид и беломорид на параамфиболитах пезозерской серии (оз.Калево-лампи), на постлопских гранитоидах (оз.Шуоярви и высота 314 к югу от пос.Пяявара), на гранитизированных гнейсах и амфиболитах беломорского комплекса (северный берег оз.Панаярви). В двух первых случаях кора метаморфизована в условиях амфиболитовой фации, в трех других - в условиях фации зеленых сланцев. Предсумийская кора выветривания перекрывается толщей метатерригенных отложений, на которые с постепенным переходом налегает почти трехкилометровая толща вулканогенных пород тунгудско-надвоицкой серии. Последняя залегает с крупным структурным несогласием на глубоко метаморфизованных породах лопского комплекса, которые прорваны гранитами с возрастом 2800 млн.лет (Тугаринов, Войткевич, 1960). Возраст пород перекрывающей сариолийской серии древнее 2600 млн.лет (поскольку этой цифрой датируются базальные слои вышележащей серии ятулия; Объяснительная записка... 1974; Салоп, 1973).

Следовательно, время формирования предсумийской коры выветривания укладывается в интервале между 2800-2600 млн.лет. В этом же интервале времени образовалась и кора выветривания, развитая на тунгудско-надвоицких вулканитах и перекрытая породами сариолийской серии (Негруца, 1971; Негруца Т., Негруца В., 1974). Точное положение продуктов выветривания предсариолийского уровня определяется тем, что они развиты по кислым вулканогенным породам верхов тунгудско-надвоицкой серии и перекрыты вулканогенно-осадочными породами, начинающими сариолийскую серию. Там, где сариолийская серия залегает непосредственно на гранитоидах фундамента, устанавливаемая в ее основании кора выветривания может иметь отчасти и более древний возраст (видимо, предсумийский).

Наиболее широко распространенная и хорошо изученная предьятулийская кора выветривания устанавливается в основании ятулия практически повсеместно; она развивалась по разнотипным и разновозрастным образованиям, начиная с гранитизированных гнейсов беломорского комплекса и кончая неизменными туфогенно-осадочными породами сариолийской серии. Исходя из того, что предьятулийские продукты остаточной коры выветривания устанавливаются на сариолийских по-

родах, считалось, что возраст коры выветривания в основании ятулия повсеместно постсарматский. (Вярунен, 1959; Гилярова, 1948, 1974; Ранкама, 1967; Харитонов, 1966; Эскола, 1967). Имеется, однако, много данных, позволяющих с большой степенью достоверности предполагать, что в период между концом лопского цикла и началом ятулийской трансгрессии значительная часть территории представляла собой область суши и служила ареной интенсивного химического выветривания (Негруца В., Негруца Т., 1968; Негруца, 1971). Сформировавшиеся в этот период тунгудско-надвоицкая и сарматская серии локализованы в узких грабеноподобных зонах обрушения, растяжения и интенсивного вулканизма вдоль глубинных разломов, разделявших эпилопский пенеппен на изолированные мегаблоки (Негруца Т., Негруца В., 1974). Таким образом, остаточные коры выветривания трех стратиграфических уровней, заключенных между лопием и ятулием, не что иное, как образования сравнительно кратковременных фаз единой непрерывной эпохи континентального перерыва и химического выветривания, продолжавшейся от 2800 млн. лет до 2600 млн. лет. Там, где в течение этого периода сохранялась суша, при благоприятных геоморфологических условиях формирование остаточных кор выветривания могло идти практически непрерывно, вплоть до их захоронения под ятулийскими осадками.

Внутриятулийская кора выветривания установлена на вулканогенных породах сегозерской серии (или среднего ятулия - Соколов и др., 1970) в основании онежской серии (верхнего ятулия). Возраст онежской серии, определенный свинцовым изохронным методом по строматолитовым известнякам, оказался близким к 2300 млн. лет (Салоп, 1973). Наиболее вероятный возраст вулканитов, на которых развита предонежская кора, - 2550 млн. лет. Следовательно, возраст континентального перерыва внутри ятулия, в период которого сформировалась предонежская кора выветривания, близок к 2500 млн. лет.

Онежский цикл ятулийского литогенеза завершается в пределах значительной части изученной территории общей регрессии, за которой следовал период кратковременного тектонического покоя и континентального перерыва. В сферу выветривания попало только что сформированное и выведенное на поверхность из-под уровня моря обширное вулканическое плато. Сравнительно недавно кора выветривания была обнаружена на суйсарских вулканитах в основании бесовецкой серии в Онежской структуре (Кайряк, 1973). Обнаружены и продукты выветривания вулканогенных пород третьей толщи печенгского комплекса (Предовский и др., 1974). Несколько менее четко кора выветривания проявлена на карбонатно-сланцевых породах соанлахтинской свиты, на ее контакте с ладожской серией. Время формирования этого уровня коры выветривания определяется между 2250 млн. лет (возраст вулканогенных пород онежской серии) и 2000 млн. лет (наиболее вероятный возраст базальных слоев ладожской серии).

Следующие известные в пределах шита уровни докембрийских кор выветривания связаны с рифейским этапом развития территории, охватившим период от 1600-1500 до 650-600 млн. лет. Весьма продолжительная континентальная эпоха (около 250 млн. лет), охватывающая время между концом эпиладожской складчатости и метаморфизма (1900-1750 млн. лет) и периодом формирования гранитов рапакиви (1650 млн. лет), достоверно нигде корами выветривания не документирована. Между тем сформировавшиеся в этот период шокшинские кварциты и некоторые так

называемые субиотнийские отложения отличаются высокой зрелостью и образовались, несомненно, за счет размыва продуктов глубокого химического выветривания. Возможно, это результат переотложения более древних кор выветривания, но не исключено также, что имеется еще и постладожская, но довендская кора выветривания, до сих пор не обнаруженная.

Рифейский континентальный перерыв охватывает время от конца среднего протерозоя (внедрения гранитов рапакиви) до начала гдовской трансгрессии. Устанавливаются три уровня коры выветривания этого возраста: 1-й - в основании иотния (среднего рифея) в интервале времени между 1650 млн.лет и 1300-1350 млн.лет; 2-й - в основании кильдинской серии гиперборей (около 1100 млн.лет) и 3-й - на образованиях рифея, под отложениями венда (около 700-650 млн.лет). В течение этой эпохи, так же как и в течение карельской эпохи, шли денудация и снос продуктов выветривания, за счет которых формировались осадочные толщи иотнийского и гиперборейского комплексов. Кора выветривания в основании иотния зафиксирована и наиболее детально изучена в южной Карелии на гранитах рапакиви и ладожских сланцах (Кайряк, Хазов, 1967) и на Кольском полуострове - на гранитах, гранито-гнейсах и амфиболитах в основании терской свиты. Предгиперборейская кора выветривания установлена на гранитоидах в основании песчаников кильдинской серии, а довендская - в основании волоковой серии на песчаниках землепахтинской свиты кильдинской серии. Более широко довендская кора выветривания развита в пределах погребенной части южного и юго-восточного склона Балтийского щита, где она перекрыта гдовским горизонтом и развивалась в ряде случаев, очевидно, на всем протяжении от среднего протерозоя до венда.

Таким образом, на Балтийском щите достаточно отчетливо выделяются четыре эпохи континентального перерыва: к е й в с к а я - 3500-2800 млн.лет (3500-3200?), р а н н е к а р е л ь с к а я - 2800-2500 млн.лет, п о з д н е к а р е л ь с к а я - 2200-1650 млн.лет и р и ф е й с к а я - 1650-650 млн.лет.

ТИПЫ, ПРОФИЛИ КОРЫ И УСЛОВИЯ ЗАХОРОНЕНИЯ

Докембрийские коры выветривания установлены на самых различных эндогенных и экзогенных, причем в различной степени метаморфизованных породах.

Намечается тенденция к увеличению к концу докембрия разнообразия пород, подвергавшихся выветриванию, что, возможно, связано с направленным процессом усложнения в ходе геологического времени состава литосферы. Не исключено, однако, что некоторая кажущаяся гомогенизация состава пород цоколя по мере углубления вниз по разрезу связана с нивелирующим воздействием на первично-гетерогенный субстрат процессов ультраметаморфизма. В любом случае очевидны два факта: 1) чем древнее коры выветривания, тем они в целом сильнее метаморфизованы (предкейвская кора выветривания повсеместно метаморфизована в амфиболитовой фации; метаморфизм карельских кор выветривания меняется в зависимости от палеотектонического положения в общей структуре региона от зеленосланцевой фации к амфиболитовой; рифейские коры подверглись эпигенетическим изменениям разной степени); 2) метаморфизм пород субстрата докембрийских кор

направленно возрастает (сверху вниз) от начальных стадий эпигенеза, для предвандских материнских пород, до высоких ступеней амфиболитовой фации и интенсивной гранитизации предкейвского субстрата. Обе эти особенности должны учитываться при реконструкции палеогипергенеза. Хотя состав, строение и профиль кор выветривания в значительной мере являются функцией состава, структуры и текстуры материнских пород, на формирование состава кор в ходе докембрийского выветривания существенное влияние оказывал метаморфизм, особенно вызываемое им "углеродистое дыхание" литосферы (Сидоренко, 1973, 1975).

Мощность докембрийских кор меняется в зависимости от характера субстрата и зависит от положения разреза в общей палеоструктуре региона. Последнее отчасти определяет условия захоронения и степень сохранности первичного профиля коры.

Все выходы рифейских кор выветривания приурочены к бортам рифейских грабенных и областям разделявших их пенеппенов. В пределах большей части территории они неизвестны, хотя не исключено, что часть кор, принимаемых за фанерозойские, в действительности имеют докембрийский возраст. Мощность рифейских кор, как правило, измеряется первыми десятками метров и редко достигает 60 м и более. Для этих кор независимо от состава субстрата характерны сокращенные профили, представленные обычно двумя зонами — дезинтеграции и каолинитизации, вторая из этих зон имеет то большую, то меньшую мощность (следствие размыва).

Карельские и лопские коры выветривания развиты в виде узких лентовидных полос вдоль контактов разновозрастных стратиграфических подразделений. Их первичное залегание, как правило, нарушено. Наблюдались даже случаи опрокинутого залегания древних профилей коры выветривания. Установлено участие карельских кор выветривания в складчатости и метаморфизме вместе с перекрывающими породами. Известны случаи пересечения горизонта метаморфизованной коры выветривания жилами пегматита и кварца (Кукаозерская структура). В ряде мест наблюдается наложенная микроклинизация. Продукты кор выветривания обычно характеризуются сланцеватой текстурой. Сланцеватость бывает двух типов: 1) наложенная как на коры выветривания, так и на перекрывающие их породы (несомненно тектонического происхождения) и 2) доседиментогенная, свойственная только горизонтам кор выветривания; она нередко не совпадает со сланцеватостью перекрывающих пород и образовалась явно до захоронения коры (она, по-видимому, соответствует первичной сланцеватости верхних зон коры выветривания, имеющих параллельное залегание с "дневной" поверхностью пенеппена). Интересно наблюдающееся в ряде мест Карелии совпадение поверхности доятулийского пенеппена (южный берег озер Собачьего, Янис-ярви и др.) с современной поверхностью кристаллического основания. Местами древние метаморфизованные коры развиты на значительных площадях, удаленных от контактов с перекрывающими отложениями; диагностика таких кор затруднительна, и их нередко принимают за зоны метасоматоза, окварцевания, милонитизации, грейзенизации. Главные площади развития законсервированных остаточных кор выветривания карельского и кейвского возраста связаны с синклинальными структурами, сложенными породами карельского и лопского комплексов, и погребены на большие или меньшие глубины.

Предкейвские коры выветривания и продукты их размыва приурочены преимущественно к обрамлению Мурманского блока, они встречаются в Кейвском районе и отчасти в северной Карелии (район Тикшозеро-Хизовара). Возможно, что высокоглиноземистые гнейсы беломорской и кольской серий частично представляют собой продукты переотложения кор выветривания этого времени.

Для карельского мегацикла основными структурами, в пределах которых сохранились продукты кор выветривания, являются Карельский, Кольский и Южно-Скандинавский массивы, отличавшиеся сравнительно устойчивым кратонным тектоническим режимом и эпиконтинентальным литогенезом. Вместе с тем эти массивы являлись областями сноса и главными поставщиками терригенного материала в зоны устойчивой бассейновой седиментации. Так что трудно было бы ожидать в пределах этих массивов развития и захоронения полных профилей кор выветривания. И действительно, для них характерен исключительно сокращенный профиль, состоящий обычно из тех же двух зон, что и профиль рифейских кор^{х)}. Рядом исследователей, в том числе и нами, выделяются три и даже четыре зоны, однако эти зоны не соответствуют зонам профилей фанерозойских кор выветривания. В докембрийских корях устанавливаются только нижняя и реже средняя зоны (дезинтеграции и пелитизации). Мощность нижней зоны, обычно распадающейся на две подзоны, подчас трудно определяема, поскольку признаки начального разложения пород затушеваны метаморфизмом; чаще всего она составляет первые десятки метров. Вторая зона сохраняется далеко не всегда и в сильно редуцированном виде.

Мощность ее измеряется первыми метрами, редко достигает 50-60м.

Первичный характер минеральных превращений в профиле выветривания достоверно определяется только для рифея.

В зоне дезинтеграции исходная порода приобретает трещиноватый характер и пятнистую пестроцветную окраску; наблюдаются хлоритизация темноцветных минералов, переход биотита в мусковит и гидробиотит с образованием вермикулитовых форм. По плагиоклазу развиваются тончайшие чешуйки серицита и гидрослюды, крипточешуйчатый слегка желтый каолинит. Тонкие трещинки в породе выполнены карбонатом и крипточешуйчатым каолинитом, более крупные - дресвой сильно серицитизированной, хлоритизированной, каолинитизированной и карбонатизированной вмещающей породы. Во второй зоне плагиоклаз обычно нацело замещен чешуйчатым агрегатом каолинита, темноцветные переходят в хлорит, гидратизируются и замещаются каолинитом, образуя крупные чешуйчатые выделения. Микроклин, однако, остается незамещенным. Образование каолинита идет как за счет серицита, гидрослюды, гидрокарбоната и гидрохлорита, так и (причем главным образом) непосредственно по плагиоклазу и биотиту. Вверх по профилю содержание CO_2 постепенно убывает (до 16%), а содержание высокотемпературной воды возрастает (до 1200%)^{xx)}. В процессе выветривания ведущими являются

х) Выделение в докарельских корях каолинитовой, а не монтмориллонит-гидрослюдистой зоны недостаточно обоснованно.- Прим. ред.

xx) Гипергенная устойчивость микроклина зависит от климата.- Прим. ред.

вынос CaO и Na_2O и гидратация. При этом часть кальция, выщелоченного из плагиоклаза, связывается углекислотой в карбонат, отлагающийся в трещинах (главным образом в зоне дезинтеграции). Происходит окисление и частичный вынос железа. Вынос SiO_2 и накопление Al_2O_3 и TiO_2 обычно незначительны. Содержание K_2O чаще стабильно или увеличивается, что находит объяснение в стойкости микроклина к выветриванию и частичном захвате калия глинистой составной частью. MgO накапливается в зоне каолинитизации. Только небольшая доля магнезия (до 20%) переходит в карбонат, остальная — связана в глинистых минералах.

Первичный минеральный состав продуктов карельских и особенно предкейвских кор выветривания практически нацело изменен метаморфизмом. В современном виде они представлены кварцем и слюдой. Там, где метаморфизм не превышает фации зеленых сланцев, пелитовая составная часть породы представлена главным образом серицитом (независимо от субстрата); подчиненное значение имеет хлорит. Встречается каолинит. В ряде случаев, как, например, на месторождении Пихляваара (Пуоланка), каолинит составляет до 50% от объема породы. Большинство исследователей, вслед за Х.Вярюненом, допускает его первичное происхождение (Корякин, 1967, 1970; Негруца Т., 1971; Слукин, 1973; Соколов, Хейсканен, 1966; Эскола, 1967); другие присоединяются к мнению Фростеруса,

предполагавшего, что каолинит является более поздним наложенным минералом, не имеющим отношения к докембрийскому выветриванию. В глубже метаморфизованных корах развивается чешуйчатый мусковит, иногда присутствуют кианит, андалузит, пирофиллит. Во всех случаях в верхних частях наблюдаемого профиля порода приобретает узловатую очковую текстуру, что обусловлено неравномерным распределением изометрических или линзовидных выделений кварца. Часто продукты кор выветривания имеют ноздреватый облик, вследствие чего их иногда описывают под названием "кавернозные гнейсы".

Показательно постепенное исчезновение вверх по профилю неустойчивых к выветриванию аксессуарных минералов при одновременном увеличении процентного содержания устойчивых минералов циркона, апатита и др. (см. таблицу). Циркон в верхних частях профилей часто изотропизирован и трещиноват. Во всех случаях, независимо от исходного субстрата, вверх по профилю коры наблюдается осветление породы.

По поведению химических элементов в профиле коры выветривания кейвские и карельские коры в принципе сходны с рифейскими. Из верхних зон выносятся кремнезем (до 30%), натрий (до 100%), кальций (до 95%), магний (до 94%). В ряде случаев, однако, содержание кальция и магния увеличивается. Кальций, так же как в рифейских корах, связан в кальците и апатите и заполняет поры или трещины в породе; магний входит в пелитовую часть породы. Железо ведет себя по-разному даже в корах выветривания одного и того же возраста и одного исходного состава: иногда накапливается, иногда выносятся. В предкейвской коре выветривания железо и кальций концентрируются в виде конкреционных образований граната.

Глинозем накапливается во всех корах выветривания, такую же тенденцию проявляет титан. Для карельских и предкейвских кор еще в большей степени,

Поведение аксессуарных минералов в профиле предьятулийской коры выветривания
(Суоярвская структура)

Породы	Минералы, г/т																	
	Выход тяжелой фракции	Цир- кон	Ру- тил	То- рит	Сфен	Апа- тит	Тур- ма- лин	Гра- нат	Эпи- дот	Рого- вая об- ман- ка	Диоп- сид	Маг- не- тит	Ге- ма- тит	Мар- тит	Ге- тит и ли- монит	Иль- менит	Лей- ко- ксен	Пи- рит
Переотложенная кора выветривания (гравелиты и кварцевые конгломераты) 13х/	45,0	15	1,1	0,2	-	0,4	0,7	0,3	0,1	0,3	Ед. зн.	1,5	12	2	8	0,1	3,2	0,1
Кора выветривания (кварцсерицитовый сланец) 6х/	61,3	4	0,2	Ед. зн.	-	1	-	0,2	2	8	-	6	22	0,5	15	-	2,4	-
Исходная порода субстрата (гранит, пересеченный жилами пегматита и кварца) 12х/	500,8	1	4,5	2	3	5	0,2	1	40	140	-	0,8	302	-	-	1	-	0,3

х/ Количество учтенных проб.

чем для рифейских, характерно накопление калия, полностью связанного в слюдах. Во всех профилях последовательно увеличивается содержание конституционной воды и CO_2 .

Попытка сравнительного сопоставления геохимических особенностей докембрийских кор щита не привела к получению какой-либо достаточно стройной картины. С необходимой четкостью выясняется только зависимость геохимического состава кор выветривания и порядка выноса элементов из алюмосиликатов от исходного состава коренных пород. Роль биоклиматических или физико-химических факторов в формировании наблюдаемого геохимического скелета докембрийских кор, по полученным данным, остается пока предметом мало обоснованных предположений.

Во всех профилях наблюдался вынос натрия и кремнезема. Интенсивность выноса менялась как во времени, так и по площади и зависела больше от местных, чем от общих факторов литогенеза. Глинозем и калий во всех случаях накапливались, причем интенсивность накопления калия в целом как будто увеличивается с возрастом кор выветривания.

Вероятно, своеобразное поведение калия и отчасти также магния и кальция — одна из наиболее существенных специфических особенностей докембрийского гипергенеза. Есть все основания предположить, что выветривание в раннем докембрии происходило в условиях отсутствия наземной растительности, но, возможно, при повышенной породообразующей роли простейших микроорганизмов, микробов, "силикатных" бактерий и одноклеточных сине-зеленых водорослей. Наличие микрофитофоссилий в некоторых корах выветривания Карелии установлено прямыми наблюдениями (Савельев, Тимофеев, 1973). Доказано, что растения являются главными фиксаторами калия. При отсутствии растений калий поглощается глинистыми минералами. Именно в этом, как предполагают Е.Ф.Станкевич и Ю.Б.Баталин, причина увеличения содержания калия в глинах от кайнозоя к докембрию. Это предположение, как нам кажется, помогает объяснить единодушно отмечаемую всеми исследователями резкую концентрацию калия в докембрийских корах. Большинство исследователей считает также, что докембрийский литогенез протекал при повышенном парциальном давлении CO_2 . А.В.Сидоренко подчеркивает большое значение для докембрийского литогенеза "углекислого дыхания" литосферы, обусловленного метаморфизмом (Сидоренко, 1973, 1975). Увеличенное содержание CO_2 в поверхностных и грунтовых водах по мере высвобождения кальция из силикатных минералов, видимо, способствовало его освобождению в виде карбонатов. Формально данный процесс сходен с испарением вод в зоне капиллярного подъема и формированием солончаковых образований. По существу же это — специфическое явление, свойственное главным образом раннему докембрию и наблюдаемое отчасти сейчас в некоторых областях активного вулканизма с интенсивным "углекислым" дыханием и мощным химическим выветриванием.

Интересно проследить за поведением трехвалентного и двухвалентного железа. Трехвалентное железо в корах на гранитоидах накапливалось (причем мера его относительной концентрации в этом случае возрастала во времени от +0,22 до +0,94), а из кор выветривания на метабазитах выносилось (правда, интенсивность его выноса с кейвского до рифейского времени резко умень-

шается). Двухвалентное железо накапливалось и в кейвской и в сумийскосарийский этап) величина коэффициента накопления уменьшалась во времени от +0,82 для кейвского до +0,38 для сариолийского этапа). В период предьятулийского выветривания при интенсивном накоплении трехвалентного железа и практически неизменном сохранении суммарного железа двухвалентное железо выносилось. Эти данные, возможно, свидетельствуют о достаточно ощутимом окислении двухвалентного железа начиная с предьятулийского времени. Весьма существенно, что только выше этого уровня в разрезе докембрия щита появляются первичные признаки красноцветных отложений и первые микрофитофоссилии; несколько выше по разрезу локализуются первые мощные горизонты органогенных известняков, а затем и углистых сланцев (шунгитов). Все это позволяет считать, что достаточно мощный фотосинтез и интенсивное выделение в атмосферу свободного кислорода начались одновременно с ятулийским литогенезом, т.е. ~ 2600млн. лет назад.

Массовое развитие сине-зеленых водорослей привело, как предполагают, к обогащению атмосферы кислородом и к уменьшению содержания в ней углекислого газа. Этим можно объяснить начавшиеся в середине ятулия интенсивное осаждение карбонатов и интенсивное накопление красноцветных осадков. Интенсивность последнего возрастает по направлению к рифею, что, очевидно, свидетельствует также о некоторой общей аридизации климата. Отмечаемые глиптоморфозы каменной соли в некоторых отложениях кильдинской серии верхнего рифея (чапомская и каруярвинская свиты и др.) свидетельствуют об обоснованности такого предположения^{х)}.

Познание климата и состава атмосферы докембрия является одной из важнейших проблем как с научной, так и с практической точки зрения (в связи с прогнозированием экзогенных полезных ископаемых, использованием климатических рубежей для стратиграфических построений и т.д.). В изучении этой проблемы корам выветривания принадлежит ведущее место. Однако использовать данные по профилям кор выветривания для климатических построений следует с особой осторожностью. Доказано, что вертикальная зональность полных профилей кор выветривания нередко соответствует латеральной зональности кор по климатическим поясам. "...Только самая поверхностная зона развивается в соответствии с климатическими условиями. Несколько глубже... геохимическое равновесие поверхностного горизонта со средой выветривания нарушается и возникают новообразования, которые уже нельзя рассматривать как непосредственный результат воздействия климатических факторов;... минералогические зоны вертикального профиля выветривания повторяют широтную минералогическую зональность" (Педро, 1971). Следовательно, для того чтобы использовать коры выветривания для прямых климатических реконструкций, необходимо прежде всего доказать, что в наблюдаемом профиле сохранилась самая верхняя зона, причем в неизменном виде. В пределах докембрия Балтийского щита, о чем говорилось выше, наблюдается как раз обратное — верхняя зона профиля уничтожена полностью, часто отсутствует и средняя зона, особенно ее верхняя половина. Тем не менее степень

^{х)} Аналогичные суждения высказаны недавно канадским геологом Росконо. Факт "красноцветности" отложений недостаточен для суждения о составе атмосферы докембрия. —Прим. ред.

дезинтеграции и интенсивность химических превращений исходных пород была высокой. Предварительная прикидка баланса вещества в процессе выветривания и осадконакопления (Негруца, 1974) приводит к выводу о существовании в докембрии на Балтийском щите климата, который способствовал интенсивному разложению кристаллических пород (с переводом в ионные формы как петрогенных, так и рассеянных элементов); часть их уносилась сточными водами в бассейны осадконакопления, другая — накапливалась, образуя глинисто-суспензионную часть верхней зоны формирующейся коры. Последняя являлась основным концентратом и поставщиком полезных компонентов для экзогенного рудообразования.

С кейвской эпохой докембрийского выветривания связано формирование известных месторождений глиноземистого сырья на Кольском полуострове (кейвская группа) и в Карелии (м-ние Хизовара). Есть перспективы новых открытий подобных месторождений.

Пока еще недостаточно выяснена роль кор этого уровня в формировании локализуемых выше по разрезу месторождений железистых кварцитов (ряд исследователей придает этим корам ведущее значение, другие, однако, его отрицают).

Карельская эпоха была периодом формирования принципиально новых типов осадочных формаций, каждая из которых характеризуется своей металлогенической специализацией: монокварцево-конгломератовая золото-урановой, (Коли, Эно и др.); олигомиктово-песчаниковая медной (Воронов Бор, Кукаозеро, Маймярви); черносланцевая медно-кобальтовой и ванадиевой (Прионежье, Соанлахти, Печенга, Лехта, Куоляярви, Имандра-Варзуга); карбонатно-сланцевая золото-полиметаллической (Приладжье, Сояярви, Кукаозеро); фосфатно-карбонатная золоторудной кварцево-доломитовой (Куоляярви, Тулумозеро); карбонатная (морской ятулий) — марганцевой и железорудной (Суоярви, Печенга). Все они обнаруживают прямую или косвенную связь с докембрийскими корами выветривания. Устанавливается четкий формационный ряд — от остаточных кор выветривания через монокварцевые золото-ураноносные конгломераты в золото-ураноносные кремнисто-доломитовые отложения.

Поведение элементов по фациальному профилю континент-пелагель и по идеальному литологическому профилю находится в полном соответствии с этим рядом. Большинство элементов накапливается вместе с наиболее тонкоотмученными осадками и в гидродинамически наиболее спокойных условиях осадконакопления. Ряд элементов (таких как золото и уран), однако, накапливается на двух крайних частях профиля: 1) в непосредственной близости от материнского источника (кору выветривания) — в кварцевых конгломератах и 2) в фиксирующих крайний член осадочной дифференциации хемогенных кремнисто-карбонатных осадках. Интересно, что подобные ряды свойственны и докембрийским образованиям других щитов. Причина этого — близкие условия литогенеза, свидетельствующие, по-видимому, и об общности основных закономерностей гипергенеза, а главное — об особенно интенсивном в период карельского мегацикла выветривании (способствовавшем полному высвобождению из материнских пород рудных компонентов и переносу даже наиболее инертных в обычных условиях элементов в виде обломочных частиц с

глинистой составной частью терригенных фракций и в виде ионных и коллоидных растворов). Поэтому, как нам кажется, есть все основания говорить о некоторой специфичности рудогенных агентов карельского литогенеза — климата, атмосфер, биомассы и тектонического режима земной коры.

В пределах Балтийского щита карельские коры выветривания потенциально перспективны для обнаружения остаточных месторождений касситерита, и, возможно, также железа, титана, никеля и др. Особый интерес в связи с этим представляют докарельские зоны глубинных разломов, вдоль которых выветривание проникало наиболее глубоко и где продукты гипергенеза могли законсервироваться наиболее полно. Такие зоны, перекрытые ятулийскими отложениями, перспективны для выявления слепых рудных тел. Поскольку карельские толщи были метаморфизованы, а вдоль заложённых в предкарельские этапы разломов в период карельского тектогенеза нередко происходили интенсивные подвижки с проявлением гидротермальных процессов и метасоматоза, то металлоносные продукты карельских остаточных и перетолженных кор выветривания в конечном итоге могли явиться наиболее благоприятной материнской средой для формирования полигенных контрастных руд. Поиски месторождений полезных ископаемых в пределах щита с этих позиций еще не проводились, но их следует считать весьма перспективными. Металлогенический анализ показывает, что имеется несомненная четкая связь намечающейся металлогенической зональности с палеофациальной и палеогеографической зональностью. Таким образом, роль экзогенеза в металлогенической специализации щита, в том числе минерализации "эндогенного" и "метаморфогенного" типов, огромна, и ее необходимо учитывать при прогнозировании и поисках месторождений.

Рифейская эпоха отличается сравнительно более низкой интенсивностью выветривания и ограниченной способностью миграции большинства элементов на фациальном и литологическом профилях. С перетолженными продуктами кор выветривания этого времени связаны древние циркон-титановые россыпи из отложений кильдинской серии полуострова Среднего, а также бедная золотая минерализация в грубообломочных породах терской свиты и комплекса полуострова Рыбачьего. Особенно интересны алевритовые циркон-титановые породы полуострова Среднего (они очень тонкослоистые и состоят из миллиметровых слоев, представленных мелкими окатанными зёрнами циркона, сцементированными лейкоксеном, и несколько более толстых слоев титановых минералов: лейкоксена, брукита, анатаза, реже реликтов рутила).

Значительный интерес, возможно, могут представить остаточные коры выветривания на базит-ультрабазитовых породах, сланцах, карбонатных породах и гранитоидах, особенно касситеритоносных. В частности, в салминской свите, сформированной преимущественно за счет размыва гранитов рапакиви и сланцев ладожской серии, содержание обломочного касситерита достигает десятка граммов на тонну.

Особый интерес для поисков гипергенных месторождений рифейского возраста представляют район Ветреного пояса, площадь Бураковской аномалии, а также ряд участков южного склона Балтийского щита. Коры выветривания этого времени в ряде случаев могли служить благоприятным источником для формирования осадочных рудных концентраций меди.

Итак, Балтийский щит — классическая область комплексного изучения докембрия. В пределах его выявлено и наиболее детально изучено основное количество докембрийских кор выветривания, известных сейчас на территории СССР. Здесь представлены практически все возрастные интервалы докембрийского корообразования. Устанавливается прямая связь полезных ископаемых и потенциально рудоносных формаций с докембрийскими корами выветривания. Имеются геологические предпосылки для прогноза и поисков новых видов и проявлений полезных ископаемых, связанных с корами выветривания. Все это позволяет рекомендовать использовать восточную часть Балтийского щита в качестве полигона для проведения всестороннего изучения докембрийских кор по единой программе. Основными пунктами этой программы должны быть:

1. Изучение вещественного состава и поведения петрогенных и рассеянных элементов в разновозрастных докембрийских корах и литологическом профиле продуктов их размыва с целью выяснения закономерностей миграции и накопления рудных элементов на разных этапах докембрийского корообразования.

2. Определение роли докембрийских кор выветривания в металлогении щитов и разработка критериев глубинного прогноза и поисков полигенных месторождений полезных ископаемых, возникших в связи с корами выветривания и продуктами их переотложения.

3. Выяснение закономерностей корообразующих процессов и их эволюции во времени.

4. Определение роли биогенного фактора в докембрийском корообразовании и выяснении значения докембрийских кор в зарождении и эволюции биосферы.

5. Дальнейшее совершенствование методики изучения и диагностики глубоко метаморфизованной коры выветривания.

Л и т е р а т у р а

Б е з д е н е ж н ы х Л.П., Н е г р у ц а Т.Ф., Н е г р у ц а В.З. Методика фациальных исследований протерозоя Карелии и Кольского полуострова. В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. I. М., "Недра", 1966, с. 253—275.

Б е л ь к о в И.В. Кварцитовые сланцы кейв. М.—Л., изд-во АН СССР, 1963. 321с.

Б и б и к о в а Е.В., Т у г а р и н о в Л.И., З а к о в С.И., М е л ь н и к о в а Г.Л. О возрасте карельской формации.—"Геохимия", 1964, № 8.

Б о г д а н о в Ю.Б., Н е г р у ц а В.З., С у с л о в а С.Н., В о н о в А.С., Н е г р у ц а Т.Ф. Стратиграфия докембрийских отложений восточной части Балтийского щита.— В кн.: Стратиграфия и изотопная геохронология докембрия восточной части Балтийского щита. Л., "Наука", 1971, с. 160—170.

В я у р ю н е н Х. Кристаллический фундамент Финляндии. Пер. с финского. М., ИЛ, 1959. 295с.

Г и л я р о в а М.А. К стратиграфии и тектонике карельской формации Центральной Карелии. — "Уч. зап. ЛГУ", т. 72, 1948, с. 125–166.

Г и л я р о в а М.А. К стратиграфии докембрия Косозерского района (Тунгуда) Карело-Финской ССР. — "Вестн. ЛГУ", 1955, № 1, с. 139–150.

Г и л я р о в а М.А. Стратиграфия, структура и магматизм докембрия восточной части Балтийского щита. Л., "Недра", 1974. 223с.

Г о л о в е н о к В.К. О взаимоотношении гнейсовой и сланцевой толщ кейвской серии Кольского полуострова. — В кн.: Проблемы геологии докембрия Балтийского щита и покрова Русской платформы. Л., 1971, с. 206–220.

Докембрий Русской платформы и ее складчатого обрамления. Объяснительная записка к геологической карте со снятыми фанерозойскими отложениями масштаба 1:5000000. Л., 1974. 136с.

Докембрий Скандинавии. Ред. К. Ранкама. М., "Мир", 1967. 270с.

К а й р я к А.И., Х а з о в Р.А. Иотнийские образования Северо-Восточного Приладожья. — "Вестн. ЛГУ", 1967, № 12, вып. 2, с. 62–72.

К а й р я к А.И. Бесовецкая серия в Онежской структуре. Л., "Недра", 1973. 176с.

К о р я к и н А.С. К вопросу о докембрийских корях континентального выветривания. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып. 2. 1967, с. 296–312.

К о р я к и н А.С. Некоторые итоги изучения протерозойских кор выветривания Карелии. — "Изв. АН СССР, серия геол.", 1970, № 9.

К р а т ц К.О. Геология карелид Карелии. М. — Л., изд-во АН СССР, 1963, 210с.

Н е г р у ц а В.З. Опыт фациального изучения протерозойских (ятулийских) отложений Центральной Карелии. — "Сов. геология", 1963, № 7, с. 52–76.

Н е г р у ц а В.З., Н е г р у ц а Т.Ф. Проблема геологии ятулия. — "Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия", т. 143, 1968, с. 81–96.

Н е г р у ц а В.З. О некоторых закономерностях карельского вулканизма восточной части Балтийского щита. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып. 3. М., "Недра", 1971, с. 192–206.

Н е г р у ц а В.З. Некоторые закономерности химизма ятулийских метасланцевых пород Карелии. — "Литол. и полезн. иск.", 1974, № 1, с. 110–119.

Н е г р у ц а Т.Ф. Докембрийские коры выветривания в карельских образованиях северо-восточной Карелии. — "Вестн. ЛГУ", 1971, № 24, с. 57–64.

Н е г р у ц а В.З., Б о г д а н о в Ю.Б., В о и н о в А.С., Н е г р у ц а Т.Ф. Основные этапы экзогенного развития Балтийского щита в докембрии и их геохронологические рубежи. — В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. М., 1973, с. 106–108.

Н е г р у ц а Т.Ф., Н е г р у ц а В.З. Раннекарельский полифациальный осадочно-вулканогенный комплекс, его аналоги и место в палеотектонической истории докембрия. — В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли (Тр. I Всесоюзного палеовулканологического симпозиума). М., 1974, с. 117–123.

Н и к о н о в А.А. Коры выветривания Фенноскандии, их возраст и палеогеографическое значение. — БМОИП, отд. геол., 1968, 43, вып. 5.

Педро Ж. Экспериментальные исследования геохимического выветривания кристаллических пород. М., "Мир", 1971, 252с.

Перевозчикова В.А. (ред.). Тектоника восточной части Балтийского щита. Л., "Недра", 1974. 288с.

Предовский А.А., Федотов Ж.А., Ахмедов А.М. Геохимия печенгского комплекса. Л., "Наука", 1974. 139с.

Робонен В.И. Стратиграфия протерозоя района Шомбозера. — "Труды Карельского фил. АН СССР", 1960, вып.26, с.16–28.

Ронов А.Б. Общие тенденции в эволюции состава земной коры, океана и атмосферы. — "Геохимия", 1964, № 8.

Савельев А.А., Тимофеев Б.В. Образования типа каличе на доятулийских корях выветривания и их палеофитологическая характеристика. — В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. М., 1973.

Салоп Л.И. Общая стратиграфическая шкала докембрия. Л., "Недра", 1973. 310с.

Сидоренко А.В., Лунева О.И. К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ. М.—Л., изд-во АН СССР, 1961. 196с.

Сидоренко А.В., Чайка В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. — В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970, с.5–31.

Сидоренко А.В. Доледниковая кора выветривания Кольского полуострова. М.—Л., изд-во АН СССР, 1958. 108с.

Сидоренко А.В. Осадочная геология докембрия, состояние и задачи. — В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. М., 1973, с.4–7.

Сидоренко А.В. Осадочная геология докембрия и ее значение для познания допалеозойской истории Земли. — "Сов.геология", 1975, № 2, с.3–16.

Слуккин А.Д. Сравнительная минерало-геохимическая характеристика некоторых докембрийских кор выветривания Алданского щита, Карелии и Курской магнитной аномалии. — В кн.: Кора выветривания, вып.13. М., "Наука", 1973 с.39

Соколов В.А. Геология и литология карбонатных пород среднего протерозоя Карелии. М.—Л., изд-во АН СССР, 1963. 183с.

Соколов В.А., Хейсканен К.И. Геолого-литологическая характеристика протерозойских (ятулийских) кор выветривания в Карелии. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып.1. "Недра", 1966, с.176–185.

Соколов В.А., Галдобина Л.П., Рылеев А.В., Сацук Ю.И., Светлов А.П., Хейсканен К.И. Геология, литология и палеогеография ятулия Центральной Карелии. Петрозаводск, изд-во "Карелия", 1970. 366с.

Соколов П.В. Геология плато Кейв и свиты кейвских кристаллических сланцев. — "Тр. Ленинград.геол.упр.", 1940, сб. № 5.

Станкевич Е.Ф., Баталин Ю.В. О роли растительности в обогащении калием поверхностных вод. — "Геохимия", 1974, № 12, с.1862–1869.

Тимченко И.П. Протерозойские кварциты и кварцито-песчаники Центральной и Южной Карелии. — "Тр. ГИН АН СССР", 1950, вып. 122 (№ 37), с. 53–8

Тугаринов А.И., Войткевич Г.В. Докембрийская геохронология материков. М., "Недра", 1960. 365 с.

Харитонов Л.Я. К стратиграфии и тектонике карельской формации докембрия. - "Тр. Ленингр. геол. упр.", 1941, вып. 23, 46. с.

Харитонов Л.Я. Структура и стратиграфия карелид восточной части Балтийского щита. М., "Недра", 1966. 355 с.

Эскола П. Докембрий Финляндии. В кн.: Докембрий Скандинавии. М., "Мир", 1967, с. 154-261.

Larsson W. Excursion guide, VII Nordiska Geologmotet. Excursion A 1, Stenciled, Stockholm 1958.

Magnusson N.H. Pre-Cambrian history of Sweden. "Quart. J. Geol. Soc. London", 1965, vol. 121, p. 1-30.

Metzger A.A.Th. Die jatulischen Bildungen von Suojärvi in Ostfinland. "B.G.F.", 1924, 64, 86 S.

Mikkola T. Sedimentary transportation in Karelian quartzites. "Bull. Com. Géol. Finlande", 1955, N 168, p. 27-29.

Mikkola T. Sedimentation of quartzite in the Kemi area, North Finland. XXI Int. Geol. Congress, Copenhagen, Pt. IX, 1960.

Ojakangas R. Petrography and sedimentation of the Precambrian Jatulian quartzites Finland. "Bull. Com. Géol. Finlande", 1965, N 214, 74 S.

Peltola E. On the black schists in the Outokumpu region in eastern Finland. "Bull. Com. Géol. Finlande", N 192, 1960, p. 154-161.

Sederholm J.I. Über eine archaische Sedimentformation im südwestlichen Finland and ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges. "Bull. Com. Géol. Finlande", 1899, N 6, 254 S.

Simonen A. Pre-Quaternary rocks in Finland. "Bull. Com. Géol. Finlande", 1960, N 191, p. 1-49.

Väyrynen H. Geologische und petrographische Untersuchungen in Kainuugebiet. "Bull. Com. Géol. Finlande", 1928, N 78, 124 S.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ЭВОЛЮЦИИ КОРЫ ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОВ

Для решения многих вопросов практической и теоретической геологии существенное значение имеет выяснение общих и специфических черт процесса химического выветривания в докембрии и фанерозое. Полученные в последние годы данные о широком распространении остатков коры выветривания в разрезах докембрия древних платформ и строении ее профилей дают возможность сопоставить продукты выветривания различных эпох.

В докембрии коры выветривания установлены на различных стратиграфических уровнях, число которых весьма значительно, однако эпохи формирования мощной, глубоко проработанной коры выветривания, проявленной на больших территориях, приурочены лишь к определенным этапам геологического развития щитов — к границам проявления планетарных геотектонических циклов. Как показывают имеющиеся данные, главными эпохами формирования коры химического выветривания были: 1) раннепротерозойская (докриворожская, докурская, доятулийская, догуронская и др.); 2) дорифейско-раннерифейская (дотепторгинская, доуватская, доермосохинская, доконкулинская, догонамская, домукунская, доовручская, добелорусская, дораннебавликская и др.); 3) позднерифейская-вендская (дождомская, догдовская, гдовская и др.; Чайка, 1965; Сидоренко, Чайка, 1970; Мац, 1970).

В фанерозое основными эпохами химического выветривания были: 1) средне- и позднепалеозойская (додевонская, девонская, позднедевонско-раннекаменноугольная кора выветривания на Русской платформе и Урале); 2) средне-поздне-мезозойская и мел-палеогеновая (кора выветривания на Украинском щите, Урале, Средней Азии, Сибирской платформе; Петров, 1967). В настоящей работе предпринята попытка сопоставить профили выветривания, сформированные в течение перечисленных эпох.

Сопоставление продуктов выветривания можно проводить, как известно, по минеральным продуктам и по геохимическим особенностям профилей. Однако докембрийские коры выветривания во многих случаях сильно изменены, вследствие метаморфизма и глубокого эпигенеза, и первичные глинистые минералы, характеризующие обстановку, в которой формировалась кора выветривания, замещены различными новообразованиями. Так, каолинит при значительных стрессовых напряжениях утрачивает устойчивость и при наличии кремния, алюминия и калия может переходить в более устойчивый стрессовый минерал — диоктаэдрическую гидрослюда (Казанский, 1969). Источником необходимых для этого компонентов

могут быть кварц и полевые шпаты. Конечный продукт преобразования каолинита в глубоко эпигенетически измененных глинистых породах — пиррофиллит. При метаморфизме каолинит превращается в хлоритоид, андалузит, дистен и силлиманит. Гидрослюда диоктаэдрического типа при вторичных изменениях пород более стойка. Эпигенез приводит к дегидратации и улучшению структуры гидрослюд. В результате метаморфизма отмечаются увеличение содержания в гидрослуде калия и переход ее в мусковит, хлорит и кварц, являющиеся конечными продуктами изменения гидрослюд.

Метаморфизм определяет всю гамму минеральных изменений в метаморфизованных докембрийских корах выветривания и объясняет отсутствие в них в большинстве случаев первичных гипергенных минералов (таких, как каолинит и гидрослюда) и преобразование их в серицитовые и хлоритовые породы сланцеватого облика с переменной примесью других силикатов. Все это исключает возможность корреляции древних метаморфизованных и фанерозойских кор выветривания по минеральному составу (фанерозойские коры в большинстве случаев сохраняют рыхлую консистенцию и первичный минеральный состав).

Регионально-метаморфические преобразования, приводя к существенной перестройке минерального состава пород, не влекут за собой значительных химических изменений, что показано в работах многих исследователей (Сидоренко и др., 1973; Лунова, Сидоренко, 1973; Головенко, 1964, 1966, 1973; Розен, 1970, 1973; Хильтова, 1972; Хильтова и др., 1973 и др.). Следовательно, химический состав пород, в том числе и метаморфизованных продуктов древних кор выветривания, может служить коррелятивным признаком.

Известно, что состав продуктов выветривания в значительной мере определяется составом выветривающихся пород и поэтому для сопоставлений, естественно, можно использовать лишь профили коры выветривания, развитой на однотипном субстрате. В качестве объекта исследований нами выбраны коры выветривания на гранитах. Этот выбор обусловлен, во-первых, тем, что наибольшее число опубликованных материалов относится к докембрийским корам выветривания гранитоидов; во-вторых, вещественный состав гранитов однообразен и прост, и поэтому влияние колебаний состава субстрата на состав продуктов выветривания минимально (показательно в этом отношении, что даже в коре выветривания гнейсов, незначительно отличающихся по составу от гранитов, заметны резкие аномалии в поведении отдельных компонентов).

При подборе материала мы стремились использовать максимально полные профили. Вопрос о полноте профилей остаточных кор выветривания в разрезах докембрия весьма важен. Большинство исследователей подчеркивает, что в докембрии сохранились лишь корневые части коры выветривания, а большая часть профилей уничтожена при последующем размыве, что, в общем, верно. По-видимому, действительно, значительная часть верхних зон коры выветривания размывта. Однако во многих случаях (хотя, конечно, далеко не во всех) в профилях сохранились конечные продукты выветривания. На этот счет имеются прямые данные, поскольку описан ряд профилей неметаморфизованной коры выветривания с выраженной зоной каолинитовых продуктов. К тому же известно, что в верхней части профилей метаморфизованной коры выветривания, сложенной

существенно серицитовыми сланцами, первичные темноцветные минералы, плагиоклазы и калиевые полевые шпаты полностью разложены (в фанерозойских корах выветривания эти минералы окончательно исчезают лишь в каолининовой зоне). Кроме того, в зоне серицитовых сланцев значительная часть первичного кварца гранитов выщелочена, а сохранившиеся зерна несут следы растворения (неровные "заливчатые" очертания, "изъеденные" контуры зерен и т.д.). Такая коррозия кварца, по данным Н.А.Лисициной (1957), характерна для гидрослюдисто-каолининовой и каолининовой зон молодых кор выветривания. Все это дает нам право сопоставлять зону серицитовых сланцев докембрийских кор выветривания с каолининовой зоной фанерозойских кор^{х)}.

То обстоятельство, что в ряде профилей докембрийских кор выветривания сохранились конечные продукты каолининового выветривания, дает возможность сопоставлять эти профили с каолининовыми профилями фанерозойских кор на гранитах.

Зона свободных окислов в сколько-нибудь выраженном виде в разрезах докембрия пока неизвестна.

Для метаморфизованных продуктов выветривания гранитов в качестве зоны максимального разложения пород принимались серицитовые сланцы - бывшие глинистые продукты выветривания существенно каолининового состава; промежуточные зоны намечены в ряде случаев условно, по совокупности данных о строении профилей и по поведению отдельных компонентов. Для неизмененных профилей выделялись по возможности дресвяная, гидрослюдистая и каолининовая зоны. Естественно, что наметить зоны метаморфизованных профилей удавалось далеко не во всех случаях, однако однотипность графиков для каждой возрастной группы позволяет надеяться, что крупных ошибок допущено не было.

Конечно, наиболее достоверные результаты сопоставления разновозрастных кор выветривания могли бы быть получены при расчетах, основанных на методе абсолютных масс. Однако к сильно уплотненным докембрийским продуктам этот метод неприменим, в связи с чем были рассчитаны коэффициенты выветривания, показывающие динамику выноса компонентов относительно друг друга.

Понятие о коэффициентах выветривания было введено И.И.Гинзбургом. Эти коэффициенты позволяют расчленить суммарное воздействие процессов выветривания на отдельные элементы и получить приближенное представление о количественной и качественной стороне различных процессов, что дает возможность сравнивать интенсивность выветривания по различным профилям. Предложено довольно много различных коэффициентов. Их наиболее последовательная система разработана К.К.Никитиным (Никитин, Глазовский, 1970), ведущим все расчеты относительно исходной породы. Мы рассчитали ряд коэффициентов по К.К.Никитину и по другим авторам и в целом получили близкие результаты, поэтому на прилагаемых графиках показана лишь часть рассчитанных коэффициентов.

х) Вряд ли зону серицитовых сланцев в докембрийских корах можно сопоставлять с каолининовой зоной фанерозойских кор. По содержанию глинозема, щелочей и щелочных земель эта зона не выходит за пределы монтмориллонит-гидрослюдистой или отвечает верхней части последней. - Прим. ред.

Приведем результаты сравнения разновозрастных кор выветривания.

Для раннепротерозойских кор выветривания различных районов характерно известное однообразие. Все они развиты на кристаллических породах архея древнейших ядер консолидации и перекрыты образованиями формационного ряда, нижние члены которого напоминают платформенные образования, сменяющиеся вверх по разрезу геосинклинальными формациями^{х)} (в этом своеобразии геоструктурного положения раннедокембрийских кор выветривания). Раннепротерозойские коры выветривания детально изучены в Криворожском и Курском районах и на Балтийском щите; сведения о близких по возрасту корах имеются по Канадскому щиту и Южной Африке.

Выветривание гранитов выражено в возрастающей (снизу вверх) степени разложения темноцветных минералов и полевых шпатов и растворении первичного кварца. Во всех описанных профилях минералы коры выветривания замещены метаморфическими минералами. Верхние части наиболее сохранившихся от размыва профилей сложены серицитовыми сланцами, образовавшимися за счет метаморфизма глинистых продуктов выветривания. О составе этих продуктов можно судить лишь предположительно. Полное разложение первичных минералов материнских гранитов, часто сопровождавшееся полным или почти полным растворением первичного кварца, позволяет предполагать, что выветривание, по аналогии с фанерозойскими кора́ми выветривания, достигало каолиновой стадии. В таком случае необходимо допустить привнос довольно значительных количеств калия, что подтверждается расчетами.

Наиболее широко распространены на территории СССР дорифейско-раннерифейские коры выветривания, перекрываемые разными горизонтами рифея. Кроме Русской и Сибирской платформ коры этого возраста установлены в разрезах окружающих геосинклинальных прогибов. Формирование их связано с квазиплатформенным этапом развития подвижных областей обрамления Сибирской платформы и с чрезвычайно длительным этапом геократического развития Сибирской и Русской платформ в период их становления, охватывавший значительную часть рифея.

Дорифейско-раннерифейские коры отличаются значительной мощностью, глубокой проработкой субстрата. Они представлены как метаморфизованными так и почти неизмененными продуктами выветривания. С ними связаны древнейшие из известных достоверно диагностированных находок каолинита и гидрослюдистых глинистых минералов. Каолиновые профили установлены в добелорусской, донижнебавлинской, домукунской и других корах выветривания. Метаморфизованные коры выветривания этого возраста, в которых бывшие глинистые продукты выветривания превращены в серицитовые сланцы, изучены в Патомском нагорье, Присаянье и других районах. Среди переотложенных продуктов выветривания широко распространены каолиновые аргиллиты, высокоглиноземистые сланцы, а в Патомском нагорье — диаспориты. Все это позволяет сделать достаточно одно-

х) Этот вывод мало обоснован имеющимся фактическим материалом: обычно древнейшие докембрийские коры выветривания (гурон Канады, гнейсовая, кейвская серия Кольского полуострова, свазиленд и витватерсранд Ю.Африки и др.) залегают в основании платформенного чехла или миегеосинклинального разреза. — Прим. ред.

значный вывод о том, что выветривание достигало каолиновой стадии, а местами, вероятно, шло образование свободных окислов алюминия (Головенко, 1971).

Следует отметить, что по особенностям поведения химических компонентов в профиле слабоизмененная кора выветривания фундамента платформ практически не отличается от одновозрастной метаморфизованной коры выветривания окраинных прогибов.

Довендская кора выветривания распространена почти так же широко, как дорифейско-раннерифейская. Ее главное отличие от более древних кор — появление в профилях выветривания минералов свободного глинозема — они установлены в догдовской коре выветривания на Русской платформе (гиббсит^х) совместно с каолинитом, гидрослюдой, хлоритом, монтмориллонитом, в додомской на Алданском щите и в дошаковской в Присаянье (бёмит). Кроме того, в разрезе венда Восточного Саяна известно одно месторождение бокситов (Боксонское), для которого предполагается связь с существованием в прошлом латеритной коры выветривания. Интересно, что, несмотря на все эти свидетельства весьма высокой степени разложения исходных пород и отсутствие следов метаморфизма, для профилей довендских и более древних кор выветривания характерны высокие содержания двуокиси калия.

Палеозойские коры выветривания широко распространены на склонах Балтийского щита, в Воронежской антеклизе, на Урале, в Средней Азии и Сибири. Многие месторождения бокситов различных типов так или иначе связаны с позднепалеозойской корой выветривания. Наибольшее значение имеют девонская и раннекаменноугольная коры выветривания, в профилях выветривания гранитов которых установлены гидрослюдистая и каолиновая зоны.

Мезозойские коры выветривания распространены на территории СССР почти повсеместно, с ними связаны основные месторождения каолинов и ряд месторождений и рудопоявлений бокситов. Профили выветривания гранитов хорошо дифференцированы, в их разрезе выделяются зоны глинистых продуктов — гидрослюдистая и каолиновая.

Мел-палеогеновые коры выветривания также широко распространены на территории СССР, с ними связаны месторождения каолинов и бокситов. Эти коры по своим характеристикам близки к мезозойским, хотя в некоторых случаях интенсивность процессов относительного накопления глинозема в мел-палеогеновых профилях в 1,5–2 раза выше, чем в мезозойских.

Для сравнения приведенных данных с реально установленными климатическими характеристиками были подсчитаны также коэффициенты выветривания по профилю современной коры выветривания гранитов зоны тропиков (Сейшельские острова), где формируется полный профиль выветривания с гиббсит-каолиновой зоной сверху (Лисицина, Богданов, 1968).

х) Сообщение о гиббсите (Трубина, 1970) в древней коре выветривания вызывает у авторов сомнения; возможно, появление этого минерала связано с наложением более молодых процессов.

Сопоставление характера изменения коэффициентов выветривания в профилях разновозрастных кор показывает общее принципиальное сходство в поведении различных компонентов, наряду с этим устанавливаются определенные различия. Прежде всего бросаются в глаза удивительное однообразие в изменениях почти всех коэффициентов в профилях раннепротерозойской коры выветривания и малый разброс значений коэффициентов (этим раннепротерозойская кора выветривания существенно отличается от всех более молодых кор).

По отношению суммы кремнезема и полуторных окислов к сумме щелочных и щелочноземельных элементов коры выветривания отчетливо разделяются на две группы: домезозойскую и мезозойско-кайнозойскую. В первой группе значения этого коэффициента изменяются незначительно, часто даже уменьшаются, тогда как в мезозойско-кайнозойской в подавляющем большинстве случаев наблюдается их резкое увеличение в верхних частях профиля, подчеркивающее значительный вынос щелочных и щелочноземельных элементов. Указанные различия связаны главным образом с разным поведением калия, который в мезозойско-кайнозойских корах выветривания в верхних частях профилей энергично выносится, а в домезозойских накапливается. Различия в значениях этого коэффициента усиливаются еще и несколько большим накоплением глинозема в мезозойских корах выветривания. Специфика поведения калия в домезозойских корах выветривания не может быть объяснена метаморфическими процессами, поскольку его накопление имеет место и в неметаморфизованных продуктах домезозойских кор выветривания.

Относительное накопление калия отмечено также в мезозойских каолинитовых корах гранитов, в зоне щелочного каолина, где содержания калия относительно увеличиваются благодаря большей устойчивости микроклина. В отдельных случаях накопление калия отмечено и в каолинитовой зоне мезозойской коры выветривания, в той ее части, где калиевые полевые шпаты полностью разложены. Такая кора выветривания описана, например, В.Т.Погребным (1972) на примере Украинского щита. Здесь в верхней части профиля по каолиниту развивается тонкодисперсный либо чешуйчатый минерал, напоминающий гидрослюда. Его появление связывается с проникновением в кору выветривания калийсодержащих растворов и превращением каолинита под их воздействием в гидрослюда. Интересно, что для этого же профиля характерны широкие масштабы серицитизации полевых шпатов, также сближающие его с докембрийскими профилями. В домезозойских корах выветривания накопление калия отмечено повсеместно в зоне, где калиевые полевые шпаты полностью разложены. Следовательно, поведение калия в домезозойских корах выветривания существенно отличается от его поведения в более молодых профилях. Об этом же свидетельствуют данные А.П.Виноградова и А.Б.Ронова (1956), которые изучали эволюцию глин Русской платформы, образовавшихся за счет континентального выветривания. Эти исследователи, отмечая факт обогащения древних глин калием, связывают его с более интенсивным формированием обогащенных калием продуктов выветривания — гидрослуд. Происходящее в процессе эволюции уменьшение содержания калия в глинах связано, по мнению А.П.Виноградова и А.Б.Ронова, с ростом осадочного покрова, что обуславливало постепенное сокращение выноса продуктов выветривания калиевых полевых шпа-

тов и слюд в бассейны осадконакопления. Предполагается, что основная масса калия древних глин связана в решетке глинистых минералов. Калий, не входящий в структуру глинистых минералов, а находящийся в поглощенном комплексе глин, играл подчиненную роль.

Поскольку основной отличительной особенностью калия является его биофильность, причины аномального поведения этого элемента в домезозойских корах выветривания кроются, видимо, в особенностях палеобиоса. А.И.Перельман (1972) объясняет биофильность калия его радиоактивностью и тем, что он, возможно, служил источником энергии для древнего органического мира. Поэтому, по мнению А.И.Перельмана, главным геохимическим барьером для калия является биохимический, а подчиненным - сорбционный.

Отношения глинозема к кремнезему и глинозема к глинозему субстрата, характеризуют общую направленность процессов миграции глинозема и кремнезема на протяжении рассматриваемого отрезка геологической истории. Интенсивность накопления глинозема с течением времени несколько увеличивается; она наиболее значительна в профилях мезозойско-кайнозойских кор, с которыми связаны латериты и бокситы. Интересно отметить, что такие же высокие значения коэффициента аллитизации ($Al_2O_3 : Al_2O_3$ исх.пор.) характеризуют допурпольскую кору выветривания (дорифей-ранний рифей Патомского нагорья), с которой В.К.Головенко связывает проявление диаспоритов (метаморфизованных бокситов).

В поведении кремнезема, судя по результатам химических анализов, не видно сколько-нибудь ощутимых различий. В верхних частях всех профилей заметен его некоторый вынос. Однако, как показывают данные микроскопических исследований, в домезозойских корах зачастую весьма ярко выражено растворение первичного кварца гранитов (вплоть до его полного исчезновения). Но кремнезем при этом не выносится за пределы коры выветривания, а отлагается тут же, образуя прожилки и неправильные микроагрегатные вторичные выделения. В мезозойских корах выветривания реликтовые зерна кварца гранитов сохраняются обычно (в том числе и в современной коре выветривания), в зоне тропиков, достигшей латеритной стадии разложения с образованием высококварцевых латеритных бокситов.

Анализ коэффициентов окисления (отношение окисного железа к закисному) показывает, что процессы окисления при формировании кор выветривания происходили начиная с раннего рифея - это позволяет предполагать наличие в атмосфере древних эпох кислорода.

В изменениях значений коэффициентов окисления заметны любопытные особенности. В 5 из 17 проанализированных профилей раннепротерозойской коры выветривания коэффициент окисления вверх по профилю уменьшается, в 8 из 17 увеличивается крайне незначительно (в 3 профилях - в 2-2,5 раза, а в 5 профилях - в 1,1-1,5 раза). Лишь в четырех профилях он возрастает в 3,5-10 раз. В профилях дорифейской-раннерифейской коры выветривания значения коэффициентов окисления достигают наибольших величин; нередко (в 4 из 9 случаев) они возрастают в верхних частях профиля в 10-20 раз, а в двух случаях более чем в 50-80 раз. В послерифейской коре выветривания степень окисления почти во

всех профилях (в I5 из I9) увеличивается, но сравнительно незначительно (до 2-4 раз в 9 профилях, в 4-8 раз в 3 профилях и в I2-I6 раз в двух профилях). Таким образом, по степени окисления различаются три группы кор выветривания: 1) раннепротерозойская, в которой процессы окисления проявляются лишь спорадически, а во многих профилях совсем не выражены; 2) дорифейско-раннерифейская, характеризующаяся наиболее значительным окислением пород в профилях выветривания в течение всего рассматриваемого отрезка времени и 3) послерифейская, отличающаяся умеренной степенью окисленности пород (верхние части профилей частично восстановлены).

В кратком обзоре геохимических характеристик разновозрастных кор выветривания гранитов мы показали принципиальное сходство процессов выветривания на протяжении всей геологической истории Земли. Физико-химическая направленность процессов выветривания (перестройка гипогенных минералов под влиянием среды субаэральной зоны) не изменялась начиная с протерозоя. Хотя состав гидросферы, атмосферы, биосферы и другие физико-химические параметры поверхностной зоны Земли в докембрии были иными, чем в фанерозое, эти различия, незначительные по масштабам, не могли изменить общей направленности процессов выветривания. Изменялись лишь отдельные стороны процессов выветривания. Эти изменения мы рассматриваем как эволюционные. Геохимическая монотонность профилей раннепротерозойской коры выветривания, по-видимому, может свидетельствовать об однообразии условий и ограниченности агентов выветривания, что, в свою очередь, можно объяснить преобладанием при формировании коры выветривания физико-химических процессов и слабым воздействием биогенных факторов. Принципиальная возможность химического выветривания без участия биоса доказана экспериментами Ж.Педро (I97I).

По мере развития жизни на суше биохимические процессы при выветривании играли все большую роль, что и обусловило нарастание интенсивности процессов выветривания и их большее разнообразие.

Общее нарастание интенсивности выветривания выражено в тенденции к увеличению большинства геохимических коэффициентов, особенно заметной начиная с мезозоя; рост разнообразия хода процессов выветривания подчеркивается увеличением разброса значений коэффициентов в послераннепротерозойских корах выветривания.

Наиболее заметная особенность разновозрастных профилей выветривания различное поведение калия. В домезозойских корах выветривания отражено накопление K, а в мезозойских и более молодых — наличие его резко выраженный вынос. По палеозойским корам имеется слишком ограниченный фактический материал, чтобы судить о них однозначно, однако они, по-видимому, занимают промежуточное положение между докембрийскими и мезозойско-кайнозойскими корах. Биодильность калия и совпадение моментов изменения его поведения с основными рубежами в развитии биомассы суши позволяют объяснить поведение калия в профилях выветривания в связи с эволюцией жизни на суше. По мере развития жизни на суше (и по мере роста биомассы) все большие количества калия, видимо,

изымались из внутригрунтового стока и воды коры выветривания обеднялись калием. В древнейшие эпохи, как можно предполагать, воды коры выветривания обогащали калием продукты выветривания, в связи с чем была очень широко развита гидрослюдизация каолинита, а при разложении полевых шпатов развивался серицит.

Важную роль в эволюции химического выветривания играл состав атмосферы. В первой половине раннего протерозоя процессы окисления шли лишь в отдельные моменты и на отдельных участках, что обуславливало неизменность или даже уменьшение (в большинстве случаев) коэффициента выветривания. Наблюдаемое в отдельных профилях возрастание степени окисленности железа может быть объяснено за счет его бескислородного окисления. Это хорошо согласуется с известными представлениями о низком уровне развития жизни на Земле в начале протерозоя. Низкое содержание кислорода в атмосфере и отсутствие в связи с этим озонового экрана (предохраняющего жизнь от действия ультрафиолетовых лучей) не позволяли жизни распространиться на суше — она, по данным Л. Беркнера и Л. Маршалла, могла развиваться только в водоемах глубиной более 12 м.

В рифее, благодаря массовому развитию сине-зеленых водорослей, содержание кислорода существенно повысилось (резко выраженный окислительный характер профилей коры выветривания). Особенно высокая интенсивность процессов окисления в коре выветривания была обусловлена не только возросшим содержанием кислорода в атмосфере, но и отсутствием сколько-нибудь значительных количеств органических восстановителей на суше. Сравнительно высокие средние значения коэффициента окисления характеризуют и вендскую кору выветривания. Таким образом, анализ конкретного материала о степени окисленности продуктов коры выветривания подтверждает выводы ряда исследователей о преимущественно восстановительном характере атмосферы в начале протерозоя и ее выраженном окислительном характере в начале рифея. Это хорошо согласуется с данными о появлении в конце раннего протерозоя красноцветных отложений и исчезновении в это же время формации золото-ураноносных конгломератов и джеспилитов^х). В палеозойской и мезозойской коре выветривания интенсивность процессов окисления значительно уменьшилась, по-видимому, в связи с распространением высоко развитой жизни на суше. При этом наряду с окислением большое значение приобрели восстановительные процессы — результат жизнедеятельности отдельных групп организмов и главным образом разложения органических веществ.

Как видно из приведенного материала, коры выветривания по специфике динамики петрогенных компонентов могут быть разделены на две заметно различные группы — домезозойскую и мезозойско-кайнозойскую. Главные различия между ними заключаются в разном поведении калия (в домезозойских корах выветривания он накапливался, в более молодых — выносился). Процессы выщелачивания и аллитизации в мезозойских корах выветривания шли более интенсивно, чем в

^х) Это представление дискуссионно, так как имеются и более молодые конгломераты, например, Тарква в Гане или джеспилиты Пакистана. — Прим. ред.

домезозойских. Рубеж в изменении процессов корообразования приходится, по-видимому, на конец палеозоя. В.В.Добровольский (1969) связывает возросшую степень гипергенной проработки пород с широким распространением наземной растительности, от которой зависит состав поверхностных вод. По характеру окислительно-восстановительных процессов выделяется три группы кор выветривания: 1) раннепротерозойская, 2) дорифейско-раннерифейская и позднерифейско-вендская, 3) палеозойская, мезозойская и мел-палеогеновая.

В целом намеченные изменения в характере и интенсивности химического выветривания в общих чертах совпадают с крупнейшими изменениями обстановки на земной поверхности, причем главное значение имели, по-видимому, изменения биосферы.

В заключение нужно отметить, что проанализированные в данной работе материалы по корам выветривания гранитов недостаточно многочисленны для того, чтобы можно было рассмотреть особенности всех возрастных групп кор выветривания в деталях. В наших построениях, конечно, достаточно много условностей, но даже на этом ограниченном материале удастся наметить основные тенденции в эволюции некоторых сторон процесса корообразования, хотя в своих главных направлениях этот процесс был однотипен на протяжении всего протерозоя и фанерозоя.

Л и т е р а т у р а

Богатырев Б.А. Мезозойская кора выветривания юго-западных отрогов Гиссарского хребта.- В кн.: Кора выветривания, вып. II. М., "Наука", 1970, с.108-126.

Бучинская Н.И. Древняя кора выветривания северо-западной части Украинского щита. Киев, "Наукова Думка", 1972. 135с.

Виноградов А.П., Ронов А.Б. Эволюция химического состава глин Русской платформы.- "Геохимия", 1956, № 2, с.3-18.

Воскресенская М.Н., Головенко В.К. К характеристике докембрийской химической коры выветривания северо-западной части Курской магнитной аномалии.- В кн.: Проблемы литологии докембрия. "Наука", 1971, с.56-60.

Гершойг Ю.Г., Каплун Е.Я. Древняя метаморфизованная кора выветривания магматогенных пород Криворожского бассейна.- "Докл. АН СССР", 1970, 195, № 4, с.915-918.

Гершойг Ю.Г., Каплун Е.Я. Древняя кора выветривания саксаганских гранитов Криворожья. - В кн.: Кора выветривания, вып. I2. М., "Наука", 1973, с.92-110.

Головенко В.К. Среднепротерозойская кора химического выветривания в северной части Байкальской горной области.- В кн.: Проблемы литологии докембрия. Л., "Наука", 1971, с.43-56.

Добровольский В.В. География и палеогеография коры вы-

ветривания СССР. М., "Мысль", 1969. 274с.

Д о д а т к о А.Д., К у х а р е в а Н.И., С е м е р г е е в а Е.А. Новые данные о древней метаморфизованной коре выветривания магматических пород Саксаганского района Кривбасса. "Изв. АН СССР, серия геол.", 1972, № 5, с.126-137.

Додевонские коры выветривания Русской платформы. М., "Наука", 1969, 196с.

Д о м б р о в с к а я Ж.В. Палеогеновая кора выветривания Центрального Прибайкалья. М., "Наука", 1973. 155с.

К а з а н с к и й Ю.П. Выветривание и его роль в осадконакоплении. М., "Наука", 1969. 128с.

К о р я к и н А.С. Некоторые итоги изучения протерозойских кор выветривания Карелии. - "Изв. АН СССР, серия геол.", 1970, № 9, с.100-109.

К р а м а р е н к о В.П. Каолиновая кора выветривания гранитоидных пород Украинского кристаллического щита. - В кн.: Каолиновые месторождения и их генезис. Доклады сов. геол. на XXIII сес. МГК. М., "Наука", 1968, с.46-52..

Л а п и н с к а я Т.А., Ж у р а в л е в Е.Г. Погребенная кора выветривания фундамента Волго-Уральской нефтеносной провинции и ее геологическое значение. М., "Недра", 1967. 171с.

Л и с и ц и н а Н.А. Коррозия кварца в мезо-кайнозойской коре выветривания Северного Казахстана. - "Докл. АН СССР", 1957, 114, с.862-864.

Л и с и ц и н а Н.А. Вынос химических элементов при выветривании основных пород. М., "Наука", 1973. 236с.

Л и с и ц и н а Н.А., Б о г д а н о в Ю.А. Некоторые данные о коре выветривания гранитов о.Маэ (Сейшельские острова). - "Докл. АН СССР", 1968, 179, № 6, с.1440-1444.

М а х н а ч А.С., Л е в и х Н.Н. Литология и геохимия кор выветривания, развитых на кристаллическом фундаменте Белоруссии. Минск, "Наука и техника", 1973. 288с.

М а ц В.Д. Докембрийские коры выветривания Сибирской и Русской платформ. - "Докл. АН СССР", 1971, 200, № 3, с.682-685.

Н и к и т и н К.К., Г л а з о в с к и й А.А. Никеленосные коры выветривания ультрабазитов и методы их изучения. М., "Недра", 1970. 213с.

Н и к и т и н а А.П., Л е к с е е в а З.И. О древней метаморфизованной коре выветривания Курской магнитной аномалии. - В кн.: Кора выветривания, вып. II. М., "Наука", 1970, с.152-160.

П е р е л ь м а н А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М., "Недра", 1972. 288с.

П о г р е б н о й В.Т. Нижнемезозойская (верхнетриасовая-нижнеюрская) кора выветривания кристаллических пород Приазовья. "Изв. АН СССР, серия геол.", 1972, № 9, с.123-130.

Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. Под ред. И.П. Герасимова и А.В. Сидоренко. М., "Недра", 1974. 444с.

П е т р о в В.П. Основы учения о древних корах выветривания. М., "Недра", 1967. 343с.

Попов Ю.Г., Семейкина Л.К. Дорифейская кора выветривания гранитов западной окраины Патомского нагорья. - "Геология и геофизика", 1974, № 9, с.46-52.

Слукин А.Д. Сравнительная минералого-геохимическая характеристика некоторых докембрийских кор выветривания Алданского щита, Карелии и Курской магнитной аномалии. - В кн.: Кора выветривания, вып.13. М., "Наука", с.39-56.

Сидоренко А.В., Теняков В.А., Розен О.М., Борщевский Ю.А., Сидоренко С.А. К геохимии гипергенеза в раннем докембрии. - "Докл. АН СССР", 1971, 201, № 3, с.678-681.

Сидоренко А.В., Чайка В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970, с.5-29.

Соколов В.А., Хейсканен К.И. Геолого-литологическая характеристика протерозойских (ятулийских) кор выветривания в Карелии. - В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып.1. М., "Недра", 1966, с.176-185.

Трубина К.Н. Бокситовая формация латеритной коры выветривания и перспективы бокситоносности нижнекаменноугольных отложений некоторых районов юга Красноярского края. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970, с.107-126.

Хожанов Н.П., Акаемов С.Т., Савко А.Д. Кора выветривания на докембрийских породах Павловского выступа Воронежского кристаллического массива. - В кн.: Кора выветривания, вып.8. М. "Наука", 1967, с.105-119.

Чайка В.М. Докембрийские эпохи химического выветривания. - В кн.: Мат-лы к совещ. "Общие закономерности геологических явлений", вып. I. 1965, с.353-359.

Шевякова Э.П. Древние коры выветривания пород кристаллического фундамента юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины и окраин Донбасса. - В кн.: Коры выветривания на территории УССР, т.1. Киев. "Наукова Думка", 1971, с.248-262.

Н.Б.БЕКАСОВА, Д.Д.МИРСКАЯ, Г.Ю.ПУШКИН

ЭТАПЫ И ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССОВ КООБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕМ ПРОТЕРОЗОЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В настоящем сообщении сделана попытка охарактеризовать основные этапы развития процессов кообразования, происходивших в среднем протерозое на территории Кольского полуострова. К сожалению, до последнего времени вопрос об объеме и нижней границе среднего протерозоя Кольского полуострова остается дискуссионным. Эту границу различные авторы проводят на разных стратиграфических уровнях: по основанию кейвских высокоглиноземистых сланцев (Головенко, 1971), по подошве песчовотундровской свиты (Мирская, 1972; Перевозчикова, 1971; Харитонов, 1966), по основанию так называемого имандра-варзугского комплекса (Козлов, Радченко, 1970; Радченко, 1972) или внутри него (Федотов и др., 1975). Детальные литолого-стратиграфические исследования, проведенные авторами в последние годы в Кейвской, Имандра-Варзугской и Печенгской зонах заставили нас пересмотреть ранее высказанное мнение о положении этой границы в основании имандра-варзугского комплекса (Загородный и др., 1974; Мирская, 1972) и присоединиться к предположению В.К.Головенка (1971) о среднепротерозойском возрасте высокоглиноземистых сланцев кейвской серии. Основанием для этого послужили следующие факты.

1. Комплексное исследование протерозойских образований Кейвской зоны (Мирская, 1972₁, 1972₂, 1973, 1974; Федоров, 1974) показало, что эта зона характеризуется многоэтажным складчато-глыбовым строением и сложена большим набором закономерно сменяющихся формаций, отражающих развитие зоны в геосинклимальную и платформенную стадии. В разрезе протерозойских образований Кейвской зоны выделяются следующие формации (начиная с наиболее древних): а) диабазо-андезитовая вулканогенная, отвечающая собственно геосинклиальному этапу развития (понойская серия, 5-7 тыс.м); б) терригенная моласса полимиктовых конгломератов раннеорогенного этапа (коловайская серия; мощность до нескольких десятков метров); в) лептитовая (липарит-дацитовая) наземная среднеорогенного этапа (лебяжинская серия; мощность до 3 тыс.м); г) терригенная моласса песчаников и конгломератов позднеорогенного этапа (малокейвская серия; мощность до 400м); д) континентальная формация высокодифференцированных терригенных отложений, возникших в результате перемыва кор выветривания в этап платформенного развития региона (кейвская серия; мощность до 600м); е) группа осадочных и андезито-базальтовой формаций этапа активизации платформы (песчовотундровская свита; мощность до 400м).

2. В Кейвской зоне в основании червуртской свиты было выявлено крупное стратиграфическое несогласие с реликтами кор глубокого химического выветривания (Головенко, 1971; Мирская, 1973, 1974; Сидоренко, Чайка, 1970).

3. Породы лебяжинской серии интродуцированы плаггиомикроклиновыми гранитами, не прорывающими кейвские сланцы.

4. Породы малокейвской, лебяжинской и более древних серий имеют иной, часто более сложный план строения, нежели сланцы кейвской серии, залегающие на нижележащих толщах с угловым несогласием.

5. С червуртского времени появляется качественно иной тип литогенеза, и в разрезе червуртской и более молодых свит широко представлены такие породы, как высокоглиноземистые углистые сланцы, кварциты, кварцево-галечные конгломераты, карбонатные (в том числе водорослевые) породы, гематитовые и пестроцветные песчаники, отсутствующие в лебяжинской и более древних сериях.

6. Осадочные образования платформенного этапа развития Кейвской зоны формационно сходны с осадочными породами нижней части Имандра-Варзугской зоны.

7. Анализ перерывов в имандра-варзугском комплексе (Бекасова и др., 1974) показывает, что ни один из них не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к перерыву между нижним и средним протерозоем.

Все вышесказанное позволяет однозначно трактовать предчервуртский перерыв как важнейший рубеж в истории докембрия Кольского полуострова. Этот рубеж разделяет две крупные группы формаций, соответствующие двум полным тектоно-магматическим циклам. Первый цикл характеризует геосинклинальный этап развития региона, второй - платформенный. В соответствии с принципами историко-геологического метода расчленения докембрия (Семихатов, 1974), именно этот рубеж, разделяющий образования двух тектоно-магматических циклов, следует рассматривать как границу между нижним и средним протерозоем.

Значительная часть разреза Кейвской зоны, включая низы песчовотундровской свиты, хорошо коррелируется с нижней частью разреза Имандра-Варзугской зоны (Малые Кейвы), включая осадочную часть романовской свиты (по М.Т.Козлову и А.Т.Радченко, 1970) и далее надстраивается более молодыми осадочно-вулканогенными толщами. Вопрос о корреляции песчовотундровской свиты не имеет принципиального значения для установления нижней границы среднего протерозоя и в данном сообщении детальному обсуждению не подлежит. Однако для ясности следует отметить следующее. Разрез песчовотундровской свиты наиболее полно представлен в мульдe хр.Серповидного, где она расчленена на пачки (снизу вверх) Д, Е, Ж, перекрываемые порфиритами (Бельков, 1963). В связи со слабой обнаженностью песчовотундровской свиты в районе хр.Серповидного, взаимоотношения пачки Е (доломиты, аркозовые песчаники и алевролиты) с окружающими породами достоверно не установлены. В этом районе разрез песчовотундровской свиты, за исключением пачки Е и верхних порфиритов, литологически соответствует содержанию пачки Д центральных и восточных Кейв. Отсутствие пород пачки Е в центральных и восточных Кейвах позволяет предполагать ее более высокое положение в стратиграфическом разрезе, а именно, непосредственно под верхними порфиритами (см. рисунок). Вероятность более высокого положения пачки Е

Химический состав пород кор выветривания

№ ан.	№ обр.	Порода	Рас- сто- яние от кон- так- та, м	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO
I П Р Е Д Ч Е Р В У Р Т С К А Я									
а) Южный склон г. Мальурдоай									
1	64/25	Двуслюдяной сланец с реликтами строения туфолавы	-3	84,14	0,26	7,68	1,98	2,29	0,08
2	65/27	Метатуфолава	-5,5	78,96	0,27	9,85	1,41	2,29	0,04
б) Восточный склон г. Колокольной									
3	62/13	Слюдяно-кварцевый сланец по песчанику	-2	77,19	0,37	12,82	1,12	1,80	0,04
4	61/12	Гравийный метапесчаник	-7	77,70	0,38	11,33	0,85	1,68	0,03
5	60/11	Осветленный метапорфир	-10	73,52	0,49	14,19	0,51	1,31	0,01
6		Кислый метавулканит (среднее из 28 анализов)		70,55	0,46	13,16	1,63	3,72	0,08
в) г. Шуурурта (по песчаникам									
7	459	Двуслюдяной гнейсо-сланец с реликтами слоистости и псаммитовой структуры	~5	80,52	0,23	10,29	1,30	1,13	0,02
8	179	Метапесчаник малокейвской толщи		78,92	0,51	10,46	2,24	2,32	0,08
г) Продукты переотложения предчервуртской									
9		Ставролит-гранатовая порода ^х червуртской свиты, пачка А (среднее из 3 анализов)		42,11	1,36	33,3	2,56	12,24	0,16
10		Кианитовый сланец червуртской свиты, пачка Б (среднее из 15 анализов)		63,35	1,26	28,40	1,30	0,63	0,01
11		Кианитовый сланец г. Червурта		57,84	0,93	36,70	0,47	-	-
12		Кварцит пачки В (выхчуртская свита) г. Тяшманюку		93,90	0,11	3,58	0,55	0,00	Сл.
13		Кианит-ставролитовые сланцы пачки Г (среднее из 3 анализов)		61,42	1,45	25,46	2,91	0,97	Сл.

и продуктов их переотложения

MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	ЩЩ.	CO ₂	Сумма	$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}$	$\frac{TiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{CaO}{MgO}$	$\frac{Na_2O}{K_2O}$	$\frac{FeO}{Fe_2O_3}$
-----	-----	-------------------	------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----	-----------------	-------	-------------------------	-------------------------	-------------------	----------------------	-----------------------

КОРА ВЬВЕТРИВАНИЯ

(по вулканитам лебяжинской серии)

0,22	0,17	0,19	1,72	0,03	0,10	-	1,17	-	100,03	0,09	0,03	0,77	0,11	1,15
------	------	------	------	------	------	---	------	---	--------	------	------	------	------	------

0,15	0,28	1,54	4,46	0,03	0,08	-	0,90	-	100,26	0,13	0,03	1,93	0,35	1,62
------	------	------	------	------	------	---	------	---	--------	------	------	------	------	------

(по песчаникам малокейвской и вулканитам лебяжинской серий)

0,13	0,21	0,43	3,71	0,04	0,12	-	1,81	-	99,82	0,17	0,03	1,61	0,11	1,60
------	------	------	------	------	------	---	------	---	-------	------	------	------	------	------

0,12	0,17	2,84	3,92	0,04	0,12	-	0,61	-	99,79	0,14	0,03	1,41	0,72	1,97
------	------	------	------	------	------	---	------	---	-------	------	------	------	------	------

0,05	0,79	5,53	2,60	0,06	0,10	-	0,39	-	99,55	0,19	0,03	15,8	2,12	2,56
------	------	------	------	------	------	---	------	---	-------	------	------	------	------	------

0,38	1,59	3,56	3,61	0,20	0,11	-	0,66	0,28	99,99	0,18	0,03	4,18	0,98	2,28
------	------	------	------	------	------	---	------	------	-------	------	------	------	------	------

малокейвской серии)

0,69	0,24	0,35	2,73	0,01	0,08	-	1,72		99,31	0,13	0,02	0,35	0,13	0,89
------	------	------	------	------	------	---	------	--	-------	------	------	------	------	------

0,13	2,45	2,43	0,43	-	0,14		0,28		100,39	0,13	0,04	18,84	5,65	1,04
------	------	------	------	---	------	--	------	--	--------	------	------	-------	------	------

коры выветривания (кейвская серия)

0,55	2,38	0,14	0,49	-	0,18		4,11		99,58	0,79	0,04	4,33	0,28	4,78
------	------	------	------	---	------	--	------	--	-------	------	------	------	------	------

0,19	0,44	0,97	1,34		0,13		1,75		99,77	0,45	0,04			0,48
------	------	------	------	--	------	--	------	--	-------	------	------	--	--	------

-	0,22	1,65	-	-			-		97,81	0,64	0,03	-	-	-
---	------	------	---	---	--	--	---	--	-------	------	------	---	---	---

0,00	0,20	0,17	0,65	-	0,07		0,52		99,75	0,03	0,03	-	0,26	-
------	------	------	------	---	------	--	------	--	-------	------	------	---	------	---

0,96	1,10	1,58	2,42	0,03	0,16		2,13		100,59	0,41	0,05	1,15	0,65	0,33
------	------	------	------	------	------	--	------	--	--------	------	------	------	------	------

№ ан.	№ обр.	Порода	Рас- стоя- ние от кон- так- та, м	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO
II. ПРЕДРОМАНОВСКАЯ КОРА									
а) Осадочные породы из низов									
14.		Глиноземистые сланцы песчотундровской свиты (пачки Д, Ж, среднее из 4 анализов)		64,9I	1,09	19,40	3,56	2,38	0,06
III. ПРЕДПОЛИСАРСКАЯ КОРА									
а) Бассейн р.Паны, руч.Лебяжий (по дацит-андезитовым)									
15.	542-0	Дацит-андезитовый метапорфирит	-10	63,17	1,23	13,42	4,99	2,29	0,10
16.	542/1	Измененный дацит-андезитовый метапорфирит	-5	69,12	0,80	12,11	6,52	2,63	0,05
17.	542/4	Кварц-полевошпат-серицит-хлоритовый сланец	+16	60,81	1,15	18,51	1,94	5,28	0,03
б) Галька слабо выветрелых дацит-андезитов									
18.	542/3-г	Серицитизированный и карбонатизированный дацит-андезитовый метапорфирит	+1	63,35	1,22	11,43	1,58	5,86	0,14
19	542/3д	Кварц-биотит-карбонат-серицитовый сланец с реликтовой порфириковой структурой	+1	71,31	1,14	11,03	1,07	4,66	0,10
IV. ПРЕДИЛЬМОЗЕРСКАЯ									
а) Бассейн р.Паны, руч.Сухой (по									
20	550/1	Диабазовый метапорфирит	-1,5	49,59	2,91	14,16	8,43	6,42	0,30
21	550/2	Трещиноватый диабазовый метапорфирит	-1,0	49,59	3,45	14,14	10,88	5,78	0,17
22	550/6	Диабазовый метапорфирит из зоны дресвы	-0,5	45,20	3,59	14,05	12,58	7,27	0,33
23	550/9	Вулканомиктовый метапесчаник	+0,5	56,01	2,0	12,81	6,06	5,78	0,23

Анализы с 1 по 8 и 12 - из колл. Д.Д.Мирской, анализ 11 - из колл. Л.Л.Косого, нены в химико-аналитической лаборатории Геологического института КГАН СССР. (№ 7, 8, 22), Л.В.Малышева (№ 15-17), Г.П.Зайцевская (№ 19-20). В.К.Таровкова

MgO	CaO	NaO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	П.п. п.	CO ₂	Сумма	Al ₂ O ₃ SiO ₂	TiO ₂ Al ₂ O ₃	CaO MgO	Na ₂ O K ₂ O	FeO Fe ₂ O ₃
ВЫВЕТРИВАНИЯ (?) романовской серии														
1,57	1,24	1,43	2,42	0,06	0,24	0,84	0,73		99,93	0,29	0,05	0,79	0,59	0,67
ВЫВЕТРИВАНИЯ порфиритам сейдореченской свиты)														
0,89	7,05	3,97	1,01	0,30	0,14	0,95			99,55	0,21	0,09	7,9	3,9	0,46
0,30	0,14	2,52	3,09	0,16	0,24	2,76			100,46	0,17	0,07	0,47	0,81	0,4
2,00	0,67	2,50	3,47		0,04	3,42		0,07	99,89	0,3	0,06	0,33	0,72	2,7
из конгломератов полисарской свиты														
0,99	4,90	2,34	2,25		0,06	2,28		3,47	99,87	0,18	0,1	4,9	1,04	3,07
1,00	2,22	1,50	2,14	0,17	0,00	1,91		1,46	99,70	0,15	0,1	2,2	0,7	4,3
КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ диабазовым порфиритам умбинской свиты)														
4,12	3,53	5,07	1,17	0,43	0,36	3,33		0,23	100,1	0,28	0,20	0,85	4,33	0,76
2,18	4,52	5,91	0,92	0,46	0,20	1,86		0,07	100,17	0,28	0,24	2,00	6,40	0,53
3,70	7,27	1,71	1,79	0,28	0,08	2,63			100,55	0,31	0,25	1,9	0,95	0,57
4,21	5,16	3,57	1,65	0,00	2,13			0,04	99,65	0,23	0,15	1,2	2,1	0,95

анализы с 15 по 23 - из колл. Н.Б.Бекасовой и Г.Ю.Пумкина. Анализы выпол-
Аналитики: В.Г.Загинайченко (№ 1, 2, 12), В.А.Ингуран (№ 3-6), С.М.Мишина
(№ 18, 21, 23). Анализ 9 (Головенок, 1971), анализы 10, 13, 14 (Бельков, 1963).

подтверждается значительно меньшей степенью метаморфизма пород и большим литологическим сходством этой пачки и верхних медьсодержащих порфиритов с умбинской свитой Имандра-Варзугской зоны (с которой, по-видимому, и следует проводить корреляцию).

Таким образом, в пределах Кейвской и Имандра-Варзугской зон наблюдается наиболее полный разрез среднего протерозоя, представленный следующими стратиграфическими единицами (снизу вверх): червуртской, выхчуртской (кейвская серия); романовской серией; рижгубской, сейдореченской (стрельнинская серия); полисарской, умбинской (варзугская серия), ильмозерской, панареченской (панская серия) и ливкинской серией. Верхняя часть разреза осадочно-вулканогенных толщ Имандра-Варзугской зоны хорошо коррелируется с разрезом Печенгской зоны (Загородный и др., 1974), как это видно из приведенного рисунка.

В настоящее время в разрезе среднего протерозоя достоверно установлено 4 уровня развития древних кор выветривания, возникновение которых относится к предчервуртскому, предполисарскому-предахмалахтинскому, предумбинскому-предкуэтсарвинскому и предильмозерском-предколасйокскому времени. Кроме того, по ряду косвенных данных предполагается существование предромановской и предливкинской кор выветривания. Коры выветривания развивались в эпохи стабилизации, которыми завершались отдельные этапы тектонического развития региона.

Особенности предчервуртского перерыва частично были охарактеризованы ранее (Головенко, 1971; Мирская, 1973; Сидоренко, Чайка, 1970). Он устанавливается по несогласному залеганию сланцев кейвской серии на породах малокейвской, лебяжинской и реже понойской серий. Под кейвскими сланцами местами сохранились реликты площадной коры выветривания мощностью до нескольких метров. Они представлены двуслюдяными, кварц-мусковитовыми сланцами и кварцитами, в которых удается различить текстурные и структурные признаки нижележащих осадочных и вулканогенных пород. Химический состав этих образований (см. таблицу) характеризуется уменьшением отношений $Na_2O:K_2O$ и $CaO:MgO$ и постоянной величиной титанового модуля. Реликты первичных текстур и структур, а также постоянство титанового модуля однозначно свидетельствуют о том, что продукты выветривания являются здесь перемещенными и соответствуют нижним зонам древней коры (дезинтеграции, выщелачивания и гидрослюдистого изменения). Коры выветривания полного профиля в настоящее время не установлены. Однако достаточно убедительное представление о характере химических преобразований и мощности предчервуртской коры выветривания в целом мы получаем при изучении пород вышележащей кейвской серии. Это весьма своеобразные мощные (до 600м) толщи высокоглиноземистых сланцев, слюдяных и мономинеральных кварцитов, включающие промышленные месторождения кианита. Не вызывает сомнений как факт происхождения этих пород за счет метаморфизма каолиновых глин и кварцевых песков (Бельков, 1963), так и накопление последних за счет размыва кор глубокого химического выветривания (Головенко, 1971; Мирская, 1973; Сидоренко, Чайка, 1970). Химический состав и мощность пород кейвской серии (см. таблицу) свидетельствуют о высокой степени зрелости и большой мощности предчервуртской коры, достигающей глубоких стадий химического разложения - каолиновой и ферриалитной (Головенко, 1971; Мирская, 1972₂). Форми-

рование мощной и глубоко зрелой коры могло произойти только в эпоху тектонической стабилизации в условиях теплого и влажного климата, общей окислительной обстановки и, вероятно, массового развития органики.

Предромановская кора выветривания или ее реликты в настоящее время не установлены. Предромановский перерыв характеризуется большой длительностью и связан с проявлением фазы складчатости.

Несогласное залегание романовской серии фиксируется как в Кейвской зоне, где песчовотундровская свита залегает на разных пачках (от Г до Б - Бельков, 1963; Харитонов, 1966), так и в Имандра-Варзугской зоне (в Малых Кейвах), где песчовотундровские-романовские образования перекрывают разновозрастные породы вплоть до лебяжинских гнейсов. Базальные слои романовской серии представлены кварцевыми метапесчаниками, метагравелитами, конгломератами и глиноземистыми сланцами (см. таблицу). Формирование высокодифференцированных пород связано с размывом химически зрелых кор выветривания. Остается однако неясным, за счет размыва какой коры, предромановской или более древней, происходило накопление этих осадков. Изучение литологических особенностей романовских осадочных пород не позволяет решить этот вопрос однозначно.

Также не ясен вопрос о происхождении высокодифференцированных пород сейдореченской свиты. Полное отсутствие в них продуктов выветривания основных вулканитов и присутствие в кварцитах цирконов, характерных для архейских и нижнепротерозойских гранитов, свидетельствуют лишь о том, что размыву подвергались коры химического выветривания по гранитам, развитым за пределами Имандра-Варзугской зоны. Ниже будет показано, что физико-географические условия сейдореченского времени были неблагоприятны для формирования кор глубокого химического выветривания. В связи с этим логично предполагать, что накопление сейдореченских осадков шло за счет размыва ранее сформированных, возможно, предсреднепротерозойских кор выветривания.

В предполисарский-предахмалахтинский перерыв, характеризующийся проявлением складчатости и магматизма основного и кислого щелочного состава, возникают площадные коры выветривания по вулканитам сейдореченской свиты стрельнинской серии в Имандра-Варзугской зоне и по гранито-гнейсам фундамента на Печенге. Текстурные и структурные особенности, минеральный и химический состав выветрелых пород, а также состав обломочного материала в вышележащих конгломератах указывают на формирование в этот период лишь маломощных гидрослюдистых и гидрослюдисто-монтмориллонитовых кор начальных стадий химического выветривания.

В вертикальном профиле коры, развитой по миндалекаменным метапорфиритам дацит-андезитового состава и характеризующейся наличием зон дресвы и кварц-хлорит-серицитовых сланцев, отмечается уменьшение содержаний CaO и увеличение содержаний окиси калия, окиси железа и кремнезема. Кремневый и титановый модули не испытывают заметного изменения, в то время как отношения $\text{CaO}:\text{MgO}$ и $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ резко уменьшаются. Галька вышележащих конгломератов полисарской свиты представлена главным образом сейдореченскими дацит-андезитами, измененными в той же степени, что и породы профиля коры выветривания (см. табли-

цу). На Печенге кора выветривания по гранитам представлена зоной дресвы мощностью 4 м и перекрыта мощной зоной элювиально-делювиальных образований (Кравцов, Скуфьин, 1974).

Перерыв, предшествовавший накоплению умбинской и куэтсарвинской свит, сопровождался развитием лишь маломощных кор физического выветривания по подстилающим эффузивам. В то же время специфика состава осадочных пород в этих свитах (кварц-полевошпатовые песчаники, конгломераты с кварц-гематитовой галькой, кварциты) позволяет сделать вывод, что их формирование шло в значительной мере за счет размыва не предумбинской-предкуэтсарвинской, а более древних кор, развитых за пределами зоны. Этот вывод, в частности, подтверждается составом и морфологией цирконов из песчаников куэтсарвинской свиты.

В предильмозерско-предколосайокский перерыв происходит формирование кор выветривания по вулканитам умбинской свиты в Имандра-Варзугской зоне и куэтсарвинской свиты на Печенге. На этом уровне на одних из участков Имандра-Варзугской зоны коры выветривания представлены древним элювием (мощностью до 5 м), характеризующимся четкой зональностью. Выше слабо измененных темно-серых диабазовых метапорфиритов с шаровой отдельностью залегают сильно трещиноватые, интенсивно сосжоритизированные, серицитизированные и хлоритизированные породы, обогащенные рудными минералами. Выше этих измененных пород залегает элювиальная кора выветривания, представленная глыбами и дресвой темно-серых, слабо измененных диабазовых метапорфиритов, промежутки между которыми заполнены вулканомиктовым песчаным материалом, слагающим вышележащие осадочные толщи. Химический состав диабазовых метапорфиритов из зоны дресвы характеризуется уменьшением содержания окиси натрия, увеличением содержаний окислов железа и титана и незначительным увеличением содержания окиси калия (см. таблицу). Кремневый и титановый модули (по профилю коры) существенно не изменяются; заметно уменьшается лишь отношение $Na_2O:K_2O$. В перекрывающих эту кору выветривания обломочных породах мы не находим продуктов более глубокого химического разложения. По своему типу предильмозерская-предколосайокская кора очень сходна с предполисарской-предахмалахтинской, но для нее типично еще более резкое преобладание процессов физического выветривания.

Предливкинская-предпорьиташская кора выветривания в настоящее время не установлена, но, учитывая значительную продолжительность предливкинского-предпорьиташского перерыва (Бекасова и др., 1974), ее существование весьма вероятно. Однако состав вышележащих пород полностью исключает возможность нахождения на этом уровне коры глубокого химического выветривания.

Как видно по разрезу карельского комплекса, степень зрелости охарактеризованных кор закономерно убывает снизу вверх. Наиболее существенные изменения характера гипергенных процессов были приурочены, вероятно, к началу романовского времени. Если в доромановское время происходит формирование мощных кор глубокого химического выветривания, то с романовского времени развиваются маломощные коры с преобладанием процессов физической дезинтеграции. Такой вывод подтверждается наличием химически незрелых обломочных вулканомиктовых пород уже в низах стрельнинской серии (Радченко, 1972) и отсутствием в разрезе имандра-варзугского комплекса кор глубокого хими-

ческого выветривания по вулканитам или продуктов их перемыва.

Это явление обусловлено особыми тектоническими и климатическими условиями, существовавшими на территории Кольского полуострова в протерозое. Специфика этих условий сводится к следующему:

1. В кейвское время регион проходил стадию платформенного развития, которая в романовское время сменилась стадией активизации платформы.

2. В период формирования предкейвской коры выветривания, по-видимому, господствовал жаркий и влажный тропический климат, который в послеромановское время (судя по химическому составу глин и широкому развитию в разрезе имандра-варзугского комплекса доломитов) сменился более аридным, препятствовавшим развитию процессов химического выветривания.

Л и т е р а т у р а

Б е к а с о в а Н.Б., Загородный В.Г., Пушкин Г.Ю., Радченко А.Т. Оценка значимости перерывов в разрезах Печенгско-Варзугской зоны. - В кн.: Проблемы докембрия Кольского полуострова. Апатиты. Изд-во КФАН СССР, с.109-118.

Б е л ь к о в И.В. Квантитовые сланцы свиты кейв. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963, 320с.

Г о л о в е н о к В.К. О взаимоотношении гнейсовой и сланцевой толщ кейвской серии Кольского полуострова. - В кн.: Проблемы геологии докембрия Балтийского щита и покрова Русской платформы. - "Тр. ВСЕГЕИ, нов.сер.", т.175. 1971, с.206-220.

Загородный В.Г., Бекасова Н.Б., Пушкин Г.Ю., Радченко А.Т. Среднепротерозойский вулканогенно-осадочный литогенез на Кольском полуострове. - В кн.: Проблемы вулканогенно-осадочного литогенеза. М., "Наука", 1974, с.88-93.

К о з л о в М.Т., Радченко А.Т. Стратиграфическое положение конгломератов района Малых Кейв (Кольский полуостров). - В кн.: Природа и хозяйство Севера, вып.2. ч.1- Апатиты. Изд-во КФАН СССР, 1970, с.49-53.

К р а в ц о в Н.А., С к у ф ь и н П.К. Кора выветривания и продукты ее переотложения в основании печенгского комплекса. - В кн.: Региональная геология, металлогения и геофизика, серия "Вопросы геологии и металлогении Кольского полуострова", вып.5, ч.1-Апатиты. Изд-во КФАН СССР, 1974, с.213-219.

М и р с к а я Д.Д. Новые данные о породах лебяжинской свиты. - В кн.: Мат-лы по геологии и металлогении Кольского полуострова, вып.2- Апатиты. Изд-во КФАН СССР, 1972, с.31-35.

М и р с к а я Д.Д. К вопросу о стратиграфии центральной части Кольского полуострова. - В кн.: Мат. по геологии и металлогении Кольского полуострова, вып.3- Апатиты. Изд-во КФАН СССР, 1972, с.3-10.

М и р с к а я Д.Д. Геологическое строение и типы формаций супракrustальных образований центральной части Кольского полуострова. - В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. X Всесоюз. литол. совещ. Тезисы докладов. М., ВГФ, 1973, с.132-133.

М и р с к а я Д.Д. Вопросы стратиграфии кейвской зоны в связи с геофизическими данными. - В кн.: Региональная геология, металлогения и геофизика, вып.5, ч.1-Апатиты. 1974, с.28-34.

П е р е в о з ч и к о в а В.А. Стратиграфия и основные дискуссионные проблемы геохронологии допалеозоя восточной части Балтийского щита.- В кн.:Стратиграфия и изотопная геохронология докембрия восточной части Балтийского щита. Л., "Наука", 1971, с.129-142.

Р а д ч е н к о А.Т. Фрагменты южного крыла восточной окраины Имандра-Варзугской грабен-синклинали.- В кн.:Мат. по геологии и металлогении Кольского полуострова, вып.3- Апатиты. Изд-во КФАН СССР, 1972, с.39-43.

С е м и х а т о в М.А. Стратиграфия и геохронология протерозоя. М., "Наука", 1974, с.7-39.

С и д о р е н к о А.В., Ч а й к а М.В. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия.- В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970, с.5-28.

Ф е д о т о в Ж.А., М е л е ж и к В.А., П р е д о в с к и й А.А. О двух уровнях развития метаморфизованных протерозойских кор выветривания в Мончегорском районе (Кольский полуостров). В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975, с.36-39.

Ф е д о р о в Е.Е. Основные черты геологического строения центральной части Кольского полуострова (по данным комплексного использования аэрометодов и геологического исследования). - В кн.: Региональная геология, металлогения и геофизика. Апатиты. 1974, с.34-44.

Х а р и т о н о в Л.Я. Структура и стратиграфия карелид восточной части Балтийского щита. М., "Наука", 1966. 358с.

Б.М.ПЕТРОВ

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДОКЕМБРИЙСКИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Десятое Всесоюзное литологическое совещание (Москва, 1973г.) убедительно показало, что все основные факторы осадконакопления и выветривания действовали уже с раннего докембрия. В процессе эволюции литосферы изменялись лишь интенсивность воздействия каждого отдельного фактора и соотношение их интенсивности.

Процессы выветривания происходят непрерывно - на каждом из поднятых выше уровня моря блоков литосферы в зоне аэрации и просачивания идет образование естественного комплекса горных пород - коры выветривания.

Кора выветривания - результат взаимодействия исходных пород с атмосферой, биосферой, гидросферой в условиях гравитации и солнечной радиации. Корообразование либо находится в динамическом равновесии с денудацией, либо последняя преобладает, поэтому в большинстве случаев кора пребывает в состоянии непрерывного возобновления. Такие "перманентные" коры выветривания являются одним из важнейших факторов дифференциации вещества верхних слоев земной коры и служат основным поставщиком материала в процессе литогенеза. "Перманентные" коры располагаются на эвгмических структурах; материал таких кор сносится в соседние бассейны осадконакопления, превращающиеся в ходе геологического развития в структурно-формационные зоны. Сам факт существования и характеристики таких кор "задокументированы" в слагающих эти зоны осадочных толщах. Методы изучения осадочных пород докембрия (для раннего докембрия - со "снятием" метаморфизма), разрабатываемые геологами школы академика А.В.Сидоренко (Сидоренко, 1975), позволяют получить представление о корах выветривания, послуживших источником материала для тех или иных осадочных пород. Сами же коры во многих случаях оказались нацело уничтожены последующими трансгрессиями.

Наряду с "перманентными" кора выветривания существуют и иные, несколько отличные от них образования. Отличаясь повышенной мощностью, они никогда полностью не уничтожаются трансгрессиями, а захороняются, нередко подвергаются метаморфизму, участвуют в дислокациях и могут быть изменены эндогенными процессами. Несмотря на значительные изменения вещественного состава эти образования все-таки являются именно кора выветривания, захороненными и тем самым как бы зафиксированными во времени. Такие коры выветривания образуются при воздействии на исходные породы обычных факторов выветривания, однако соотношение корообразования и денудации при этом иное, чем у "перманентных" кор: корооб-

разование не находится в равновесии с денудацией, а преобладает. Отсюда большая мощность кор, их большая зрелость и более полная дифференциация вещества (что, в конечном счете, определяет экзогенную металлоносность данного района и существенно сказывается на его эндогенной металлоносности). Конечно, верхние горизонты таких кор подвергаются денудации и при этом в бассейнах осадконакопления образуются породы, аналогичные породам, образующимся при сносе "перманентных" кор, но последующие большие трансгрессии наступают столь быстро, что значительная часть кор захороняется под трансгрессивными сериями.

Для образования мощных и зрелых кор выветривания помимо обычно действующих факторов выветривания необходима особая тектоническая обстановка — геотектонический режим выступает при этом как главный, ведущий фактор корообразования. Развитие кор выветривания приурочено к определенным эпохам, связанным во времени с предшествующими тектоно-магматическими эпохами (Сидоренко, Чайка, 1970). Именно в эпохи корообразования происходят наиболее важные перестройки тектонического плана, так что в реликтах кор и продуктах их переотложения следует искать информацию об эвгимических структурах.

Сейчас можно считать установленным, что зрелые мощные коры формируются не на тектонически пассивных пенеппенах, а на пенеппенизированных широких плато, дренируемых реками с относительно глубокими долинами и размываемых в основном по краям (Херасков, 1967; Чайка, 1975). Необходимыми предпосылками корообразования являлись предварительное выравнивание поверхности территории, ее глыбовая структура и недифференцированное или слабо дифференцированное плавное воздымание.

Какой же из типов тектонического режима наиболее благоприятен для корообразования? Ни геосинклиальный, ни платформенный режимы не способствуют созданию и длительному существованию ландшафтной обстановки интенсивного корообразования. Более благоприятны для формирования кор условия переходного этапа орогенно-тафрогенный, платформеноидный или тергалный режимы. Н.П.Херасков (1967) отмечал, что особенно мощные коры приурочены к основанию платформенного чехла; они фиксируют крупный перерыв в осадконакоплении, отвечающий смене режима. Каковы же условия корообразования при менискогенном, или аркогенном тектоническом режиме, создающем эпиплатформенные орогенные пояса, менискогены или рифтогенали?

В.Е.Хаин (1973) определяет области аркогенеза как "подвижные пояса в пределах континентов, характеризующиеся абсолютным преобладанием интенсивных поднятий и соответственно средне- и высокогорным рельефом, обладающие сводово-глыбовой структурой, большой (тысячи километров) протяженностью и значительной (сотни, иногда более тысячи километров) шириной, возникшие на месте территорий, развивавшихся в течение длительного (сотни млн.лет) времени в условиях платформенного режима". Абсолютная глубина опускания грабенообразных впадин и рифтовых долин, закономерно осложняющих своды, достигает 5-7 км; таких же величин может достигать подъем соседних блоков глыбовых гор. Но даже опущенные блоки аркогенов обычно подняты выше уровня моря. Важными характеристиками аркогенных областей являются длительность периода преобладания условий растяжения, утонение земной коры, повышенный тепловой поток, наличие специфических осадочных и магматических формаций.

Над сводовыми поднятиями закономерно развиваются впадины (Бархатов, 1972).

По совокупности его характеристик аркогенный тектонический режим следует считать наиболее благоприятствующим образованию мощных кор выветривания (Чайка, 1975), так как:

-аркогенез захватывает очень большие территории и развивается на предважно выровненных с поверхности сегментах земной коры;

-развитие тектонических впадин значительно понижает дренажный уровень, способствуя формированию глубокой зоны гипергенеза;

-длительность и плавность аркогенеза обеспечивают устойчивость процесса корообразования;

-плоская поверхность межвпадинных плато и значительное преобладание размеров поднятых блоков по сравнению с опущенными существенно снижают денудацию;

-аркогенез часто сопровождается вулканизмом, т.е. излияниями глубинного вещества, химическая неравновесность которого в зоне гипергенеза приводит к интенсивному корообразанию;

-сводовые поднятия с мощными корами сменяются впадинами ("менисками"), что способствует захоронению многочисленных и мощных реликтов кор.

В.М.Чайка (1975) указывает, что корообразование протекает особенно интенсивно на ранних этапах рифтогенеза, до развития весьма усиливающего денудацию высокогорного рельефа. Нужно отметить, что отнюдь не каждая рифтовая область впоследствии превращается в ороген. Авлакогены, которые, по мнению Е.Е.Милановского (1972), представляют собой эпиплатформенные рифты, не связаны с высокогорным рельефом и выполнены относительно мелкообломочными фашиями терригенных осадков. Именно с развитием авлакогенов связаны наиболее мощные коры Восточно-Европейской платформы (Херасков, 1967), и именно закономерное вырождение авлакогенов в синеклизы (Муратов, 1962) способствует захоронению реликтов кор. Эти реликты, как считает В.М.Чайка (1975), обычно приурочены к склонам сводов, т.е. к тем их участкам, где смена корообразования осадконакоплением происходит особенно быстро. В.М.Чайка полагает, что связь интенсивного корообразования с докембрийскими сводовыми поднятиями надежно восстанавливается на позднем байкальском этапе, особенно на континентах Южного полушария. Анализ тектонических условий эпох корообразования в докембрии Воронежского кристаллического массива позволяет проследить эту закономерность позднего архея.

Воронежский кристаллический массив разбит глубинными разломами на мегаблоки второго порядка. В центральном мегаблоке – мегаблоке Курской магнитной аномалии (КМА) – под осадочным чехлом сохранились многочисленные выполненные зеленокаменно-джеспилитовыми породами трог, представляющие собой шовные или грабенообразные синклинальные структуры, а иногда, возможно, моноклинали. Эти структуры приурочены к архейско-протерозойским разломам и сдаты часто до изоклиналей, разделенных выступами раннеархейского (обоянская серия) фундамента, но не сопрягающихся с равновеликими синклиналиями. Породы обоянской серии представлены плаггиогнейсами, прорванными различными интрузиями, в т.ч. массивами плаггиогранитов салтыковского комплекса, возраст которых 2750 млн. лет и более. Тектоническая обстановка обоянского времени не реконструирована.

Очевидно, к концу обоянского времени территория рассматриваемого региона относительно стабилизировалась и представляла одну из древнейших протоплатформ.

В трогах выявлено три комплекса пород. Нижний комплекс — амфиболиты по платобазальтам — относится к михайловской серии верхнего архея (Голивкин, 1970). В верхах этой серии встречаются пачки осадочных пород и кислых континентальных эффузивов. Выше со следами размыва и линзами конгломератов в основании (их возраст ~ 2600 млн. лет) залегает амагматичная нижнепротерозойская курская серия, представленная терригенно-обломочной и железисто-кремнисто-сланцевой формациями платформенного характера (Плаксенко, 1966), породы которых, однако, метаморфизованы и смяты в складки. Длительное время подвижная зона КМА считалась геосинклиналью.

Анализ закономерностей размещения джеспилитовых трогов позволил автору (Петров, 1973) доказать, что они заложены как разрывы на позднеархейском мозаичном своде КМА, претерпевавшем воздымание в процессе гранитизации позднеархейской протокры. Мощность консолидированной протокры определена в 4–6 км (Петров, 1974). Все это позволяет объяснить континентальное происхождение михайловских эффузивов как вулканического щита позднеархейской рифтовой зоны и подтверждает представления о негеосинклинальном характере зеленокаменно-джеспилитовых трогов КМА. Прогобы михайловского времени (прогибы первой генерации) по механизму заложения, конфигурации и характеру развития напоминают настоящие авлакогены и выделяются как протоавлакогены (Лейтес, 1970). В ходе развития они закономерно перерождались в более широкие, правда, более мелкие, прогибы второй генерации ("протосинеклизы"), выполнявшиеся осадками курской серии. Хотя бассейны осадконакопления в курское время вряд ли покрывали всю территорию КМА, они были довольно большими (поперечники их составляли десятки — сотни километров). Таким образом удается объяснить платформенный характер фаций курской "геосинклинали".

Образования курской серии залегают на гнейсах, гранитоидах, мигматитах обоянской серии или на амфиболитах и кварцевых порфирах михайловской серии. Метаморфизованные реликты кор выветривания обнаружены практически на всех участках, где вскрыта подошва курской серии; продукты их переотложения слагают в основании этой серии целую свиту, мощность которой иногда достигает 1000 м и более (Вознесенская, 1968; Кононов, 1969, 1973; Петров, 1970). Предкурская эпоха корообразования (поздний архей) является древнейшей из эпох корообразования, достоверно установленных на КМА. Реликты кор и особенно продукты их переотложения, с которыми связаны проявления полезных ископаемых формации древних металлоносных конгломератов, хорошо описаны в литературе (в том числе и в статьях настоящего сборника), и мы на этом вопросе останавливаться на будем. Для нас важно отметить, что докурсское корообразование было связано с формированием древнейшего протоплатформенного свода, с аркогенным тектоническим режимом. Эти коры выветривания фиксируют важнейший переломный момент в истории развития КМА. Корообразование в регионе КМА продолжалось и в курское время (поставка осадочного материала выполнения протосинеклиз), однако оно, очевидно, было "перманентным" (Кононов, 1973). Следы размыва в разрезах образований курской серии малочисленны (Кононов, 1973).

Породы курской серии, как и поверхность предкурского размыва, залегают под углами, близкими к вертикальным (см.рис. в работе Кононова, Петрова, 1973). Это означает, что поверхность выветривания докурских кристаллических пород приобрела наклон уже после перекрытия ее осадками. Данный феномен удастся удовлетворительно объяснить только с привлечением реоморфизма основания. Действительно, воздымание позднеархейского свода КМА происходило неравномерно, нося мозаичный характер. Наложившаяся решетка шовных прогибов служила той рамой, которая контролировала воздымание и реоморфизм в протерозое, поэтому блоки докурского основания превратились в гранито-гнейсовне купола I-го - 2-го порядков, а вся территория КМА - в гнейсовый овал. Рост куполов приводил как бы к надстройке вверх бортов прогибов первой генерации, придавал подошве курской серии и реликтам кор выветривания неестественное, круто наклоненное положение, обусловил их смятие и метаморфизм. Последующая эрозия уничтожила верхние части куполов, поэтому протоплатформенный чехол сохранился только в трогах, став вторым троговым комплексом. Реликты кор отмечены на склонах куполов.

Третий троговый комплекс КМА залегают в немногочисленных, но широких грабен-синклиналях (прогибы 3-й генерации). Он представлен метаморфизованными и смятыми в складки породами оскольской серии (ранний протерозой), в основании которой встречаются конгломераты и реликты кор выветривания. Эта эпоха корообразования выражена гораздо слабее и изучена хуже, чем предкурская. Предположительно мы связываем ее с оскольской эпохой гранитизации, проявившейся также более слабо, чем салтыковская или более поздняя атаманская. Грабен-синклинали несколько напоминают наложенные впадины. Они выполнены терригенными, карбонатными и углистыми осадками, иногда - эффузивами, что еще больше сближает мегаблок КМА с областями проявления аркогенеза. Вместе с джеспилитовыми трогами Криворожья КМА образует раннедокембрийский эпипротоплатформенный аркогенный пояс протяженностью не менее тысячи километров; продолжительность его развития определена в 600-700 млн.лет. Во внутренней структуре пояса выявлены аналоги авлакогенов и наложенных впадин, а роль внутренних поднятий высоких порядков играют гранито-гнейсовне купола. Воронежский кристаллический массив в целом отвечает своду 2-го порядка (Чайка, 1975); более мелкие своды этот исследователь не прослеживал. Очевидно, гнейсовый овал является сводом 3-го, а купола - сводами 4-го и 5-го порядков.

Достоверно среднепротерозойские суперкрупные образования в Воронежском кристаллическом массиве отсутствуют. Средний протерозой представлен интрузиями, в том числе многочисленными интрузиями микроклиновых гранитов атаманского комплекса. Рассеянная микроклинизация этого возраста распространяется не только на Воронежский массив, но и на обширные пространства в пределах Сарматского палеошифта. По нашему мнению, атаманская гранитизация была причиной прекращения оскольского осадконакопления, воздымания громадного (I-го порядка) свода палеошифта и, в конечном счете, причиной проявления новой эпохи аркогенеза, выразившейся в заложении истинных рифейских авлакогенов - Пачелмского и Днепровско-Донецкого (в последнее время появились данные, что Днепровско-Донецкий авлакоген начал развиваться также с рифея). Эта эпоха аркогенеза

не наследовала курско-оскольский структурный план, а проявлялась независимо, что свидетельствует об утолщении мощности консолидированной земной коры региона по сравнению с поздним археем. С ней связана наиболее интенсивная эпоха корообразования; мощность кор в отдельных зонах достигала, по данным Н.П.Хераскова (1967), нескольких сотен метров. Смена авлакогенов синеклизмами (Рязано-Саратовской, Украинской) способствовала захоронению кор, которые особенно часто обнаруживаются на склонах сводов (Левченко, 1975; Чайка, 1975). Таким образом, и эта эпоха корообразования связана с важными перестройками структурного плана региона. Повышенная интенсивность ее проявления обусловила ее важную металлогеническую роль.

Итак, хотя докембрийское корообразование на Воронежском кристаллическом массиве продолжалось непрерывно, мощные коры выветривания образовывались лишь в отдельные эпохи, следовавшие за эпохами гранитизации и представлявшие собой этапы аркогенеза. Как и на древних щитах Южного полушария, корообразование было связано с формированием эпиплатформенных и эпипротоплатформенных сводов 4-го и 5-го порядков, что является транзитным тектоническим фактором корообразования и характерной чертой развития древних платформ. Эпохи интенсивного корообразования коррелируются с тектоно-магматическими и металлогеническими эпохами, маркируя наиболее важные рубежи в эволюции тектоносферы. Можно предполагать, что эта закономерность является универсальной.

Л и т е р а т у р а

Бархатов Б.П. Закономерности в смене основных типов тектонического режима. — В кн.: Докл. сов. геол. на XXIV сес. МГК, пробл. 3. Тектоника. М., "Наука", 1972, с. 90–95.

Воскресенская М.Н. Древние поверхности и коры выветривания в докембрийских породах Курской магнитной аномалии. — "Сов. геология", 1968, № 9, с. 14–32.

Голивкин Н.И., Романшак А.К. Новые данные по геологии докембрия Старооскольского и Новооскольского железорудных районов КМА Русской платформы. В кн.: Мат. по геол. и полезн. ископ. центральных районов европейск. части СССР, вып. VI. М., 1970, с. 47–55.

Кононов Н.Д. Геологические предпосылки поисков золотоносных конгломератов в пределах Воронежской антеклизы. — В кн.: Проблема металлоносности древних конгломератов на территории СССР. М., "Наука", 1969, с. 113–122.

Кононов Н.Б., Петров Б.М. Продукты докурского выветривания в основании протерозоя КМА. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975, с. 68–70.

Кононов Н.Б., Петров Б.М. Раннедокембрийские конгломераты Воронежского кристаллического массива. — В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. X Всесоюз. литол. совещ. Тезисы докладов. М., ВГФ, 1973, с. 45–48.

Левченко С.В., Бобров Е.Г., Волочаев Ф.Я., Ши-

п а к и н а И.Г. Докембрийские коры выветривания Русской платформы, условия их образования и перспективы рудоносности. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Л е й т е с А.М., М у р а т о в М.В., Ф е д о р о в с к и й В.С. Палеоавлакогены и их место в развитии древних платформ. - "Докл. АН СССР", 1970, 191, № 6, с.1355-1358.

М и л а н о в с к и й Е.Е. Главные типы рифтовых зон континентов и некоторые закономерности их расположения и развития. - В кн.: Докл. сов.геол. на XXIV сес. МГК, пробл.3. Тектоника. М., "Наука", 1972, с.59-70.

М у р а т о в М.В., М и к у н о в М.Ф., Ч е р н о в а Е.С. Основные этапы тектонического развития Русской платформы. - "Изв. высш. уч.завед. Геол. и разв.", 1962, № II, с.3-35.

П е т р о в Б.М. Нижнепротерозойская структура КМА и некоторые черты ее развития. - "Геотектоника", 1973, № I, с.42-54.

П е т р о в Б. М. О разнопорядковых деформациях разрыва пластообразных геологических тел. - В кн.: Механика литосферы (тезисы докл. Всесоюз. научн. -техн.совещ.) М., ЛТИ, 1974, с.124-127.

П е т р о в Б. М. Особенности распространения и состава базальных отложений курской серии КМА. - В кн.: Мат. по геол. и полезн.ископ. центр. районов европ. части СССР, вып. VI, 1970, с.62-68.

П л а к с е н к о Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадочно-накопления в докембрии. Воронеж, 1966. 264с.

С и д о р е н к о А.В. Осадочная геология докембрия и ее значение для познания допалеозойской истории Земли. - "Сов.геология", 1975, № 2, с.3-16.

С и д о р е н к о А.В., Ч а й к а В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970, с.5-29.

Х а и н В.Е. Общая геотектоника. М., "Недра", 1973, 512с.

Х е р а с к о в Н.П. Геологические типы кор выветривания и закономерности их размещения. - В кн.: Тектоника и формации. М., "Наука", 1967, с.142-171.

Ч а й к а В.М. Формирование сводовых поднятий и развитие коры выветривания докембрия. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Н.И.ГОЛИВКИН

О ДОКЕМБРИЙСКИХ КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ КМА

В этой работе мне хотелось бы дополнить данные, полученные В.К.Головенком и А.П.Никольским о докембрийских корях выветривания Курской магнитной аномалии (КМА), некоторыми данными по Белгородской области.

Проведенные в последние годы геологоразведочные работы показали, что на территории КМА в раннем докембрии проявились две эпохи корообразования — докурская и дооскольская.

Первая, докурская эпоха корообразования КМА, приуроченная к границе архея и раннего протерозоя, приходится на период 2600—2750 млн. лет, т.е. на период после внедрения плагиигранитов салтыковского типа, но до образования пород курской серии (Тугаринов, Войткевич, 1966). Она коррелируется с докриворожской эпохой корообразования Украины и предкейвской Балтийского щита. Фиксируется эта эпоха корообразования метаморфизованными коренными корами выветривания и продуктами их перетолжения.

Впервые докурские коры выветривания были установлены в Старооскольском рудном районе на Тимском (Плаксенко, 1955), Салтыковском (Глаголев, 1966) и Коробковском (Извеков, Щёкин, 1962) участках; позже они были выявлены и на других участках Старооскольского, Новооскольского (Воскресенская, Головенко, 1971; Голивкин, Романцак, 1970; Полищук и др., 1970) и Михайловского (Воскресенская, 1974; Воскресенская, Головенко, 1971) районов КМА и, наконец, в Белгородском районе. Метаморфизованная коренная кора химического выветривания выявлена в переходной зоне между породами архея и протерозоя; её мощность от 5 до 30 м. Там, где эта кора сохранилась, она перекрывается непосредственно перетолженными продуктами либо более молодыми породами курской серии.

Наиболее часто остатки метаморфизованной коренной коры выветривания выявляют на плагиигранитах и их мигматитах, реже — на гнейсах и метабазитах. Кора на плагиигранитах вскрыта скважинами на Салтыковском, Тимском, Чернянском, Погромецком, Яковлевском, Висловском и Беленихинском участках Белгородской области КМА, где ее наиболее измененная верхняя часть представлена метаморфизованными дресвяниками, серицитовыми, мусковитовыми и кварцево-мусковитовыми сланцами. Изучение керн этих скважин показало, что слюдяные сланцы постепенно (за счет увеличения содержания реликтов кварца, а затем появления реликтов плаггиоклаза) переходят в дресвяники и серицитизированный гранит и впоследствии — в почти не измененный гранит (Беленихинский участок, скважина П166). О том, что это действительно кора выветривания гранитов, свиде-

тельствуют не только постепенные переходы, но также наличие зональных цирконов как в плагิโอгранитах, так и в продуктах их выветривания.

На мигматизированных биотито-плагиоклазовых гнейсах кора выветривания развита на Коробковском участке. Она вскрыта как скважинами, так и горными выработками шахты им. Губкина (Извеков, Шекин, 1962). В зоне химического выщелачивания верхние горизонты коры представлены кварцево-серицитовыми сланцами с мелко раздробленными обломками кварца, а переходные горизонты к гнейсам — кварцево-серицитовыми и кварцево-биотито-серицитовыми сланцами с реликтовыми зернами полевых шпатов и обломками кварца от дезинтегрированных кварцевых жил, развитых в гнейсах. В зоне дезинтеграции выветривание проявляется в увеличении трещиноватости и осветлении гнейсов (благодаря развитию серицита по плагиоклазам и биотиту).

По минеральному составу коры выветривания гнейсов и гранитов близки между собой, что свидетельствует об одинаковых условиях их формирования.

Метаморфизованные переротложенные продукты докурской коры выветривания, так же как и коренные коры, представлены мусковитовыми и биотито-мусковитовыми разностями сланцев с рутилом, корундом и углистым веществом. Они установлены в Старооскольском рудном районе на Лебединском (скв. 912, 1104, горные выработки шахты № 4), Коробковском (скв. 0140) и Стойленском (скв. 665) участках, где слагают пачку мощностью от первых метров до 40 м в составе лебединской свиты михайловской серии.

Мусковитовые сланцы в образцах представляют собою среднезернистую светло-серую породу с шелковистым блеском, текстура которой нередко неравномерно-полосчатая, что обусловлено чередованием темно-серых и светло-серых прослоев. Ширина темных прослоев от 1 до 2 см, а светлых 3–4 см и более. Темно-серая окраска полос в сланце обусловлена наличием углистого вещества (графитита). В этих сланцах кроме мусковита, который слагает 70–80% общего объема породы, содержатся кварц, рутил, корунд, графитит, сульфиды железа и иногда биотит. Изредка встречаются апатит, турмалин, ильменит. Наличие в сланцах наряду с мусковитом корунда и рутила указывает на то, что источником для их формирования служили продукты глубокого выветривания. Присутствие в определенных прослоях углистого вещества свидетельствует об отложении этих продуктов в водоемах, где уже в позднеархейское время периодически развивалась органическая жизнь.

Химический состав рассмотренных сланцев лебединской свиты (см. таблицу), как и их минеральный состав, свидетельствует об образовании сланцев из продуктов переротложения докурской коры выветривания.

Рассмотренная пачка слюдяных сланцев на отдельных участках перекрывается серицитизированными кварцевыми порфирами, которые сами несут следы древнего выветривания и размыва (Стойленский участок — скв. 665, 12а и др.; Лебединский участок — скв. 923, 932, 1104 и горные выработки шахты № 4).

На ряде участков наблюдаются посткурская гранитизация, окварцевание и гидротермальная проработка докурской коры выветривания, что затрудняет ее распознавание. Особенно четко посткурская гранитизация докурской коры выветривания выражена на Чернянском (скв. 902, 1247 и др.), а гидротермальная про-

Химический состав сланцев лебединской свиты

Окислы	Сланцы			
	1	2	3	4
SiO ₂	48,56	62,19	53,99	51,35
TiO ₂	3,25	0,99	1,94	2,90
Al ₂ O ₃	36,34	22,24	22,66	23,03
Fe ₂ O ₃	1,57	1,46	2,21	1,87
FeO	0,31	1,30	2,08	6,59
MnO	Сл.	0,02	0,02	0,04
MgO	0,64	0,78	1,06	2,01
CaO	0,40	0,60	0,42	1,95
K ₂ O	9,40	5,76	7,33	4,75
Na ₂ O	1,20	1,22	0,89	0,73
P ₂ O ₅	0,20	0,05	0,16	0,31
FeS ₂	1,23	-	-	-
S	-	0,008	0,009	0,20
Сорг	0,55	-	-	-
H ₂ O ⁺	2,07	0,30	-	-
H ₂ O ⁻	0,13	0,08	-	-
CO ₂	0,18	-	-	-
П.п.п.	-	3,50	3,73	4,03

Примечание. 1-сланец рутило-корундо-мусковитовый, углистый, с небольшим содержанием кварца. Лебединский участок, скв.912, глубина 210,7м, проба 15; 2 - сланец кварцево-мусковитовый; Стойленский участок, скв.665, глубина 365,9м, проба 30; 3 - сланцы слюдяные (мусковитовые) лебединской свиты михайловской серии (среднее по 6 анализам); 4 - сланец серицито-биотитовый Коробковский участок, скв.2173, глубина 353,15-363,7м, проба 69033.

Анализы 2,3 выполнены в ХЛ БГРЭ; анализ 1 выполнен в ЦХЛ ГУ

работка - на Висловском (скв. I239) участках.

На существование зрелой докурской коры химического выветривания указывают также минеральный состав пород курской серии и ассоциирующие с ними (кварцевыми песчаниками K_T) древние россыпи титан-циркониевых минералов (Полищук и др., 1970).

Вторая, дооскольская, эпоха корообразования на КМА проявилась в период после формирования пород курской серии и внедрения плагиогранитов осколецкого комплекса, перед формированием пород оскольской серии протерозоя. Она была кратковременной и выражена менее четко, чем докурская. Формирование ее приходится на период 2100-2200 млн. лет. Коррелируется дооскольская кора выветривания с доверхнекриворожской корой выветривания Украины (Прокопич, Горбатенко, 1975).

Метаморфизованные продукты дооскольской эпохи корообразования, коренные и в основном переотложенные, установлены в Белгородском (Плаксенко, 1966; Полищук и др., 1970), Михайловском (Воскресенская, 1974; Воскресенская, Головенко, 1971; Полищук и др., 1970) и Старооскольском (Голыкин, Романчук, 1970; Плаксенко, 1955; Полищук и др., 1970) районах, т.е. в районах, где развиты породы оскольской серии. Коренная кора выветривания развита по железистым кварцитам и сланцам курской серии. Впервые она была описана М.Н. Воскресенской (1974) для Михайловского района (Воскресенская, Головенко, 1971).

В Белгородском районе коренная кора выветривания встречается редко и трудно распознается. Реликты коренной коры выветривания выявлены на южном фланге Висловского месторождения (скв. I585) на углистых серицито-биотитовых сланцах курской серии, перекрытых конгломератами оскольской серии. Дооскольское выветривание в этих сланцах проявлено в их осветлении, исчезновении углистого вещества, уменьшении содержания кварца и увеличении содержания серицита.

Однако метаморфизованные переотложенные продукты дооскольской коры выветривания представлены в районе весьма широко. Это конгломераты, гравелиты и руды: серицито-гематитовые и серицито-хлорито-гематитовые, гематито-кварцево-серицитовые с магнетитом, кварцево-серицитовые, нередко с карбонатным и углистым веществом и серицитовыми сланцами.

Наиболее интересными из всех этих переотложенных продуктов являются конгломераты. Они слагают тела линзовидной формы на нескольких горизонтах с быстро меняющейся мощностью от I до 100 м. При этом крупные тела нередко имеют ритмичное строение, что свидетельствует о периодическом изменении условий осадконакопления.

Конгломераты Белгородского района полимиктовые. Сложены они гальками яшмовидных кварцитов сургучно-красного и красного цвета, тонкополосчатых, краснополосчатых гематитовых кварцитов, безрудных кварцитов и жильного кварца серого цвета. Гальки размером от 0,5 до 5 см, реже больше, слагают 75-85% породы. В крупных гальках тонкополосчатых кварцитов нередко наблюдаются плейчатость и смятие слоев, что свидетельствует о дислокации кварцитов до их размыва.

Из рудных минералов в гальках установлены только тонкозернистые, дисперсные (0,02–0,001мм) гематит и гидрогематит; нерудная часть их сложена изометричными зернами кварца размером 0,02–0,15мм. Цемент конгломератов сложный – кластический и поровый. Кластический заполнитель (основная масса – гравилюно-песчаная смесь) состоит из обломков тех же пород, что и галька.

Поровый цемент, кроме кварца, серицита, гематита, магнетита мартитизированного, содержит также карбонат, хлорит и иногда пирит и турмалин.

Содержание гематита и магнетита в поровом цементе непостоянно и колеблется от 5 до 85%. Преобладает обычно гематит, и только в местах проявлений контактового метаморфизма превалирует магнетит. В этих интервалах в цементе конгломератов появляются полевые шпаты и слюды и наблюдается окварцевание.

Гематит в цементе обычно более крупнозернистый (0,01–0,1мм), чем в гальках. Зерна магнетита размерами 0,01–0,15мм и его агрегаты часто погружены в массу гематита. Реже магнетит образует микропрожилки, которые выходят из цемента и секут гальку конгломератов. Присутствие магнетита только в цементе, связано, вероятно, с образованием его из гидроокислов железа, которые совместно с гематитом цементировали гальку.

Сохранение в обломках конгломератов первоначального облика яшмовидных и краснополосчатых гематитовых кварцитов, которые в настоящее время в докембрии КМА не встречаются, связано с их своеобразной консервацией среди глинистых осадков. Наличие в составе обломков только гематита и гидрогематита свидетельствует о наличии в период формирования первичных пород, давших начало галькам этих конгломератов, окислительной обстановки.

Полимиктовый состав конгломератов оскольской серии, наличие в их цементе, наряду с гематитом и магнетитом, серицита, присутствие в кварцево-серицитовых сланцах магнетита (зерна которого обычно окружены кварцевыми двориками), а также наличие среди сланцев оскольской серии кластогенно-хемогенных железистых кварцитов свидетельствуют о существовании на КМА после формирования толщи пород курской серии продолжительного периода континентального режима, когда и произошло формирование кор химического выветривания. Последние дали начало не только кластогенно-терригенным образованиям – конгломератам и глинистым осадкам, но и хемогенным – гидроокислам железа.

Таким образом, имеющиеся в настоящее время геологические материалы указывают на проявление на территории КМА двух эпох докембрийского корообразования – позднеархейской, докурсской (имевшей место после внедрения плагиогранитов салтыковского комплекса), и раннепротерозойской, дооскольской, приходящейся на время после формирования гранитоидов осколецкого комплекса.

Л и т е р а т у р а

Воскресенская М. Н. К сопоставлению докембрийских образований Курской магнитной аномалии и Белорусского кристаллического массива. "Геол. журнал", 1974, 34, № 3, с. 96–110.

Воскресенская М.Н., Головенко В.К. К характеристике докембрийской химической коры выветривания северо-западной части Курской магнитной аномалии.-В кн.:Проблемы литологии докембрия.Л., "Наука", 1971, с.56-60.

Глаголев А.А. Метаморфизм докембрийских пород КМА. М., "Наука", 1966, с.79-81.

Извеков Э.П., Шекин Ю.С. О коре выветривания архейских толщ Старооскольского района КМА. "Бюлл.НТО комбината "КМАруда", 1962, с.12-16.

Голивкин Н.И., Романшак А.К. Новые данные по геологии докембрия Старооскольского и Новооскольского железорудных районов КМА Русской платформы.- В кн.:Мат.по геол. и полезн.ископ. центральных районов европейской части СССР, вып.6.М., 1970, с.47-55.

Плаксенко Н.А. Общие черты структуры и стратиграфии докембрия КМА.-В кн.:Железные руды Курской магнитной аномалии.М., 1955, с.252-279.

Плаксенко Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. Воронеж, Изд-во Воронежского ун-та, 1966, с.16-17.

Полищук В.Д., Голивкин Н.И., Зайцев Ю.С., Клагш Б.Д., Полищук В.И., Павловский В.И., Красовицкая Р.С. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии, т.1, кн.1. "Недра", 1970, с.132-143, 252-262, 312-314, 376-377.

Прожогин Л.Г., Горбатенко В.Г. Железистые конгломераты основания верхней свиты (K_3^1) в Саксаганском районе Кривбасса.- "Литол. и полезн.ископ.", 1975, № 1, с.30-37.

Тугаринов А.И., Войткевич Г.В. Докембрийская геохронология материалов. М., "Недра", 1966, с.149-165

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ КМА

Дорифейский фундамент Воронежского кристаллического массива в целом, и региона КМА, в частности, сложен образованиями архея и курской серии раннего протерозоя. Среди выявленных в этом разрезе продуктов нескольких эпох денудации (Сидоренко, Чайка, 1970) наиболее широко развитыми и лучше всего изученными являются продукты докурского выветривания. Докурская эпоха денудации на рубеже архея — протерозоя характеризует принципиально важную структурно-тектоническую перестройку территории КМА. Из продуктов докурского выветривания широким распространением пользуются переотложенный материал выветривания, коры выветривания и их реликты. Эпиархейская метаморфизованная кора химического выветривания, некогда перекрывавшая всю территорию региона КМА, вскрыта горными выработками и скважинами на многих участках в местах контактов пород курской серии с подстилающими образованиями архея. Эта кора установлена на плаггиогнейсах, мигматитах, гранитоидах, кварцевых порфирах и амфиболитах и имеет различную мощность — в основном от первых метров до 10–20 м, реже до первых десятков метров (Воскресенская, 1975). Переотложенные и перемытые продукты докурской эпохи выветривания представлены базальными конгломератами, конгломерато-гравелитами и гравелитами, сливными кварцитами и кварцевидными песчаниками курской серии.

Предпринятое в последние годы детальное изучение выявленного ранее на ряде месторождений КМА стратифицированного базального горизонта (Борисов, Извеков, 1961; 1963; Борисов, Извеков, Калганов, Ужгалис, 1975; Кононов, 1975) показывает, что конгломераты и гравелиты являются важным источником геологической информации. Этот горизонт имеет большое значение, как стратиграфо-тектоническое — в плане четкого, однозначного определения положения контакта между двумя структурными ярусами фундамента: подстилающим метаморфическим комплексом архея и перекрывающей толщей раннего протерозоя (курсской серии), так и металлогеническое — в связи с выявленными геохимическими особенностями этих пород.

Вскрытый многочисленными горными выработками и скважинами в процессе эксплуатационной разведки на ряде месторождений темных железных руд (Коробковском, Южно-Коробковском, Лебединском, Южно-Лебединском, Стойленском, Салтыково-Александровском) Губкинского железорудного узла (рис. 1) горизонт крупногалечных конгломератов, фациально сменяющихся по простираанию конгломерато-гравелитами и гравелитами, является региональным маркирующим горизонтом.

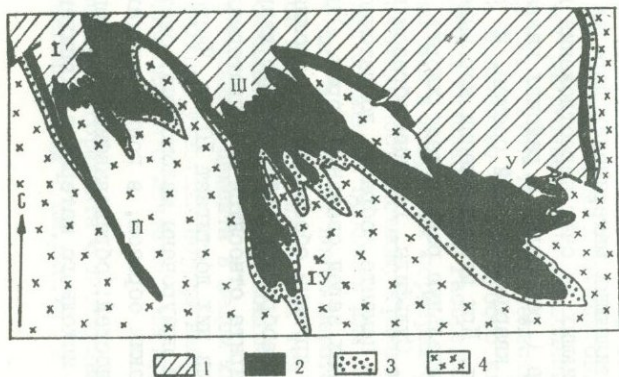


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Губкинского железорудного узла КМА

Верхний структурный ярус раннего протерозоя (курская серия): 1 – гранат–хлорит–амфибол–биотитовые сланцы; 2 – железистые кварциты; 3 – сливные кварциты с залегающим в основании толщи базальным горизонтом металлоносных конгломерато–гравелитов; нижний структурный ярус архея: 4 – гнейсы, кварцевые порфиры, амфиболиты, мигматиты, гранитоиды; месторождения богатых железных руд: I – Коробковское; II – Салтыково–Александровское; III – Лебединское; IV – Южно–Лебединское; Y – Стойленское

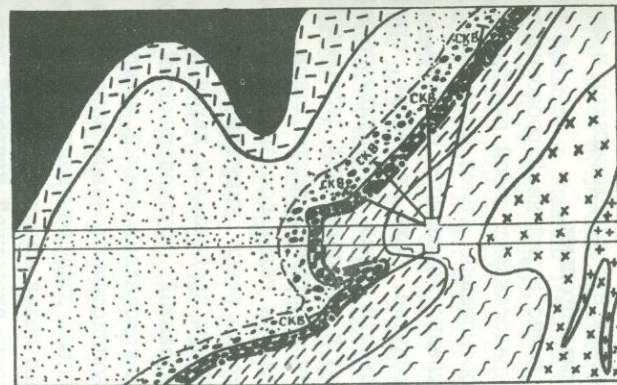


Рис. 2. Геологическая карта горизонта –71 м 2-го юго-восточного штрека Коробковского месторождения КМА

Верхний структурный ярус раннего протерозоя: 1 – кумминггитит–магнетитовые кварциты; 2 – двуслюдяные филлитовидные сланцы; 3 – сливные кварциты и кварцитовидные песчаники; 4 – рудоносные базальные конгломераты, конгломерато–гравелиты и гравелиты; нижний структурный ярус архея: 5 – биотито–мусковитовые сланцы, гнейсы; 6 – мигматизированные сланцы, мигматиты; 7 – гранито–гнейсы, гранитоиды; 8 – пегматоидные граниты; 9 – тектонические нарушения

К настоящему времени собран обширный фактический материал о мощности этого горизонта, изменении минерального состава слагающих его конгломератов и их взаимоотношениях с подстилающими и перекрывающими породами.

Эти конгломераты, изученные нами наиболее полно в районе Коробковского и Южно-Коробковского месторождений (рис. 2, 3), представляют собой плотные, сливные породы преимущественно серого цвета. Соотношения галек и цемента в них нестабильны, в среднем 3:1. Гальки существенно кварцевого состава, обычно округлые, вытянутые, овальные, слабосплюснутые, реже угловатые, ориентированные согласно общей метаморфической слоистости пород. В результате воздействия более позднего наложенного метаморфизма и тектонических деформаций галечный материал в различной степени раздроблен и перемят; часто такой брекчиевидный агрегат сцементирован пиритом. Размеры галек составляют в среднем 0,6x1 см; к подошве горизонта гальки достаточно резко укрупняются (до 1,5x2 - 4x6 см и как исключение - до 6x12 см). Кварц представлен двумя разновидностями; различают серо-голубой, слабо шестоватый, крупнозернистый плотный кварц и пепельный и дымчато-серый грубо перекристаллизованный ноздреватый кварц с радиально-лучистой структурой и волнистым блоковым погасанием (это кварц гидротермального генезиса). Наблюдаемая дифференциация в размерности и степени окатанности галек (для дымчатых галек характерны большие размеры и лучшая окатанность) может быть объяснена вторичной природой перекристаллизованного кварца. Распределение гальки в пределах горизонта крайне неравномерное. С кварцем второй из указанных разновидностей связаны волосовидные прожилки, прожилковидные обособления и неупорядоченные разрозненные гнездообразные выделения сульфидов - пирита, пирротина, реже галенита, сфалерита и халькопирита.

Состав цемента конгломерато-гравелитов в целом непостоянен и изменяется от участка к участку в зависимости от состава исходных кор выветривания, развившихся на тех или иных подстилающих материнских породах докурского основания. Так, цемент пород, возникших за счёт переотложения кор выветривания гранитоидов, мигматитов и гнейсов (речь идет о районах названных выше месторождений) имеет преимущественный кварц-слюдистый состав. Из слюд отмечены серицит, мусковит, фуксит, биотит. При переотложении кор выветривания на амфиболитах в составе цемента значительную роль играет хлорит, а также ставролит, гранат, силлиманит, кальцит. Сульфиды, главным образом пирит и пирротин, вообще широко представлены в цементе, образуя достаточно интенсивную равномерную вкрапленность окатанных зерен овальной формы. Отдельные вкрапления пирита группируются в более крупные обособления, заполняющие межгалечные пространства или создающие своеобразную кайму вокруг кварцевых зерен. Многочисленные тонкие прожилки пирита относятся к гидротермальным проявлениям; мощность наиболее крупных из них достигает 10 см. Часто к подобным зонам гидротермальной пиритизации приурочены маломощные, быстро выклинивающиеся прожилки и жилки кварца. Таким образом, в конгломератах присутствует пирит двух генетических разновидностей: образовавшийся в процессе формирования пород за счет метаморфизма исходного материала и эпигенетический,

связанный с наложением рудной минерализации. Н.Д.Кононовым и Б.М.Петровым (1975) была подмечена закономерность в наборах терригенных минералов тяжелой фракции и указаны геохимические особенности продуктов переотложения докурской коры выветривания в зависимости от состава подвергшихся выветриванию материнских пород архея. В случае переотложения продуктов выветривания гранитоидов, гнейсов и мигматитов тяжелая фракция обогащена цирконом, ильменитом, апатитом, рутилом; они несут отчетливую геохимическую специализацию в отношении циркония, иттрия, иттербия, церия, фосфора. При переотложении кор выветривания амфиболитов тяжелая фракция обогащена пиритом, магнетитом, ильменитом, ильмено-рутилом; продукты переотложения кор специализированы в отношении ванадия, никеля, кобальта, титана.

В районе Коробковского и Южно-Коробковского месторождений базальный горизонт конгломератов имеет вид отдельных протяженных и разобренных линзообразных тел, характеризующих различные условия сноса и накопления обломочного материала; его средняя мощность около 3 м.

Конгломерато-гравелиты и гравелиты вскрыты горными выработками и скважинами на Лебединском, Южно-Лебединском и Стойленском месторождениях (рис. 4, 5). Гравелиты представляют собой плотную серую сливную породу. Обломки округлой и овальной формы состоят из серо-голубого, а удлиненной формы - из дымчато-серого кварца; их средние размеры до 0,8х1 см. Распределение обломков серо-голубого кварца весьма неравномерное, чаще это беспорядочные скопления на отдельных участках породы. Цементирующий агрегат сложен серицитом, кварцем, мусковитом, фукситом, альбитом. Из сульфидов наиболее распространен пирит в виде отдельных включений или цепочкообразных агрегатов, находящихся между кварцевыми зернами. Средняя мощность горизонта гравелитов не превышает 2-3м; в районе Стойленского месторождения мощность горизонта достигает 25м. Спорадическая вкрапленность обломков голубого кварца отмечается и в пределах заключающей их толщи сливных кварцитов. Установлено, что голубой кварц образовался за счет разрушения и переотложения подстилающих кварцевых порфиров. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что вверх по разрезу в толще сливных кварцитов количество серо-голубого кварца постепенно уменьшается вплоть до его полного исчезновения. Распределение его здесь крайне неравномерное, в то время как в кварцевых порфирах он развит повсеместно. Размеры зерен кварца отличаются постоянством. Гравелиты в основании толщи сливных кварцитов имеют вид отдельных прослоев или пятен сложной конфигурации. Горизонт гравелитов (как и горизонт конгломератов) характеризуется прерывистостью и на ряде участков имеет вид линзовидных тел.

В пределах базального горизонта конгломератов и конгломерато-гравелитов распределение гальки и цемента в целом характеризуется резкой неравномерностью: на отдельных участках породы настолько обогащены галькой, что цемента макроскопически не отмечается, на других участках цемент является преобладающим.

Контакт базального горизонта с подстилающими породами различного состава отчетливый, тектонический (см.рис.2): в зоне контакта наблюдаются зеркала

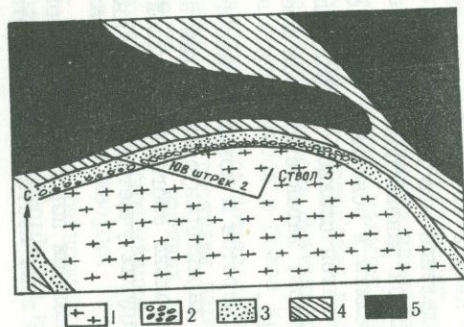


Рис. 3. Геологическая карта горизонта -125 м 2-го юго-восточного штрека Коробковского месторождения КМА

Нижний структурный ярус архея: 1 - мигматизированные гнейсы, порфиры, гранитоиды, мигматиты; верхний структурный ярус раннего протерозоя: 2 - рудоносные базальные конгломераты и конгломерато-гравелиты; 3 - сливные кварциты; 4 - филлитовидные сланцы; 5 - железистые кварциты

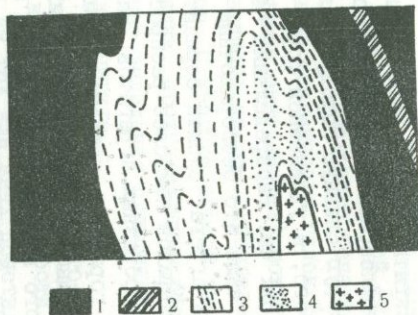


Рис. 4. Геологический план по дренажному штреку Южно-Лебединского месторождения

1 - железистые кварциты; 2 - филлитовидные сланцы; 3 - сливные кварциты; 4 - базальные гравелиты; 5 - кварцевые порфиры

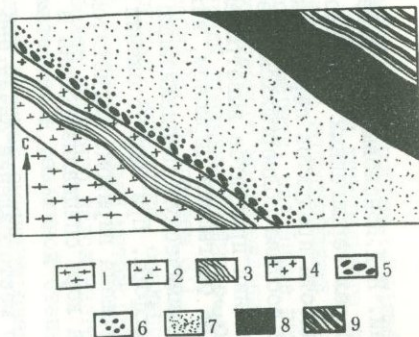


Рис. 5. Геологическая карта юго-западного участка Стойленского месторождения

Нижний структурный ярус архея: 1 - гнейсы; 2 - амфиболиты; 3 - гранат-биотитовые сланцы; 4 - кварцевые порфиры; верхний структурный ярус раннего протерозоя: 5-6 - металлоносные базальные конгломераты и гравелиты; 7 - сливные кварциты; 8 - железистые кварциты; 9 - филлитовидные сланцы

скольжения с характерной штриховкой; отмечаются явления милонитизации и раз-
линования. Переход горизонта вверх по разрезу к сливным монотонным безрудным
кварцитам постепенный, с закономерным уменьшением общей зернистости пород.

Описанный маркирующий базальный горизонт в пределах региона КМА приуро-
чен к основанию толщи безрудных кварцитов, залегающих на различных породах
кристаллического основания, и четко разделяет две различных по составу и воз-
расту толщи: осадочно-эффузивную и кремнисто-железистую. Между образованием толщ
(структурных ярусов) имел место длительный континентальный перерыв. Для этих
структурных ярусов характерна резко выраженная дифференциация магматической
деятельности и степени метаморфизма: в архейском комплексе магматизм проявил-
ся очень интенсивно (многочисленные сопутствующие жильобразные проявления),
в перекрывающей толще безрудных и железистых кварцитов его проявления сведе-
ны до минимума.

Образование базального горизонта (Борисов, 1964) происходило следующим
образом. В архее регион современной европейской части Русской платформы пре-
терпел геосинклинальный этап развития. В течение последующего длительного
периода, охватывавшего поздний архей - ранний протерозой, имели место и ин-
тенсивное осадконакопление и мощная вулканогенно-эффузивная деятельность,
после которой наступил длительный континентальный перерыв. Естественно, что
породы кристаллического основания не могли остаться неизменными. В основа-
нии конгломерато-гравелитового горизонта ранее (Извеков, Щёкин, 1962) была
описана древняя кора выветривания на архейских гнейсах и кварцевых порфирах.
В первом случае интенсивное разложение полевых шпатов обусловило появление
глинистого материала, метаморфизм которого в условиях выноса Fe, Mg и Ca
привел к возникновению двуслюдяных филлитовидных сланцев. Во втором случае
кварц претерпел лишь механическое воздействие - отсюда преобладание в сос-
таве коры кварц-серицитовых и кварц-мусковитовых пород. Наличие мощной толщи
безрудных кварцитов, состоящих на 98% из чистого кварца, свидетельствует о
том, что размыву и переотложению подвергались существенно кварцевые породы
докурской коры выветривания. При этом в прибрежной зоне древнейшего бассейна
отлагался грубо- и крупнообломочный кварцевый материал, давший в условиях
последующего активного метаморфизма сливные безрудные кварциты. В зоне шельфа
шло отложение более тонкого глинистого материала, будущей основы для кварцево-
сланцевых филлитовых сланцев, а в более глубоководной части докембрийского бас-
сейна - отложение силикатно-железистых соединений, превратившихся в результа-
те наложенного метаморфизма в куммингтонит-магнетитовые, магнетитовые и ге-
матит-магнетитовые кварциты.

В отличие от высказанных нами выше представлений о базальном горизонте
некоторыми исследователями за базальный горизонт принимается горизонт грубо-
обломочных пород курской серии в целом - кварцевые песчаники с серицит-квар-
цевым цементом и кварциты. Его мощность изменяется от первых метров до сотен
метров, а возможно до 1000 м (Кононов, 1975). В его пределах устанавливается
до 8 отдельных, достаточно протяженных пластов конгломератов различных стра-
тиграфических уровней. В нашем понимании базальными являются существенно
кварцево-галечные конгломераты в основании толщи сливных кварцитов, лежащие

непосредственно на метаморфическом комплексе архея.

Важное металлогеническое значение выявленного маркирующего базального горизонта конгломерато-гравелитов заключается в том, что именно с ним на фоне широкого спектра различных пород связан аномальный устойчивый повышенный геохимический фон золота. Золотоносность была установлена по простиранию горизонта по горным выработкам на месторождениях Коробковском (Губкинский рудник, 2-й юго-восточный штрек, соединяющий I и 3 стволы), Лебединском (карьер) и Южно-Лебединском. Опробованные штучным методом породы представляли собой существенно кварцевые, отчетливо сортированные с плотнейшей упаковкой галек среднегалечные конгломераты и гравелиты, обогащенные сульфидами. Гальки серого, замутненного субмикроскопическими примесями перекристаллизованного кварца, — продукта переотложения древней коры выветривания секутся системой неориентированных прожилковидных обособлений сильно окисленного пирита, пирротина, халькопирита, очень редко — галенита и сфалерита.

Конгломерато-гравелиты, являясь фациально однородными породами, характеризуются равномерным распределением элементов, позволяющим дать объективную оценку по ограниченному числу проб. В связи с этим были проведены: определение статистических оценок параметров распределения содержаний с целью математического обоснования геохимических выводов, оценка колебаний содержаний и определение экстремальных содержаний в пределах выявленного геохимического фона. Первым этапом статистического анализа явилось составление рядов распределения и установление закона распределения содержаний золота. Группировка результатов анализа для удобства вычислений была проведена по интервалам логарифмов содержаний, равным по величине и представляющим ряды распределения. Было установлено, что распределение элемента согласуется с логарифмически-нормальным законом. Необходимо заметить, что информация получена по ограниченному объему геохимических выборок (количеству проб); это, естественно, сказалось на представительности полученных результатов и предопределило некоторую условность конечных выводов. Определение пределов колебаний логарифмов содержаний оценивалось с заданной вероятностью. Наиболее распространенным и принятым нами явился уровень значимости 0,01 для граничных значений. При анализе малых выборок учитывалась величина t -критерия Стьюдента, значения которого для конечных выборок объемом менее 30 проб приведены в соответствующих геохимических таблицах. При условии, если пределы колебаний логарифмов содержаний вчисляются для выборки, характеризующей локальную площадь развития данных пород, как в нашем конкретном случае, они являются полярными значениями геохимического фона для них.

Пределы колебаний содержаний золота в пределах геохимического фона резко различны, распределение содержаний в зависимости от распределения пород, насыщенных сульфидами, крайне неравномерное. Так, среднефоновые содержания золота в пиритсодержащих конгломератах значительно ниже средних содержаний в конгломератах с преобладающими халькопиритом и пирротином. Однако следует заметить, что в связи с анализами на золото только сульфидизированных галек и участков цемента неизбежны разубоживания полученных средних среднефоновых содержаний в пересчете на кварцевую массу породы в целом.

Сравнение геологического строения ряда районов крупнейших зарубежных промышленных месторождений золота (Витватерсранд, Блайнд-Ривер, Якобина, Уэстморленд и др.) с геологическим строением региона КМА и, в частности, аналогия в отношении базального горизонта металлоносных конгломератов, позволили выявить ряд общих важных черт: отчетливую приуроченность горизонта конгломератов к основанию раннепротерозойского структурного яруса, его тесную ассоциацию с кварцево-железистой формацией, несогласное залегание на подстилающих породах, крайне неравномерные фоновые распределения золота, линзообразное строение участков горизонта с преимущественно высокими фоновыми содержаниями золота, наличие комплекса золотоносных сульфидов, общность механизма происхождения.

Н.Д. Кононовым (1975) при изучении характера распределения золота в пределах горизонта существенно кварцевых конгломератов и гравелитов было отмечено: общее снижение фоновых содержаний в направлении от подошвы к кровле горизонта, отсутствие каких-либо признаков структурного контроля и гидротермальной проработки рудоносных конгломератов, наличие низких содержаний бария — весьма характерного элемента гидротермального процесса. На этом основании он делает вывод о первично-осадочном (кластогенном и хемогенном) генезисе золота. Необходимо, однако, указать, что бария, этого сугубо биогенного элемента, в докембрийских атмосфере, гидросфере и литосфере было весьма мало.

По мнению авторов, приуроченность золота к гидротермальным выделениям сульфидов сама по себе является убедительным свидетельством гидротермальной проработки пород.

Не рассматривая специально вопроса о генезисе золота, отметим тем не менее следующее. С одной стороны, устанавливается четкая приуроченность повышенных содержаний золота только к базальному горизонту конгломерато-гравелитов (сливные кварциты и перекрывающие их сланцы не являются золотоносными), что может свидетельствовать о первично-осадочном происхождении золота и его концентрации в прибрежной части докембрийского бассейна. С другой стороны, в толще кварцитов, как отмечалось выше, имеются гидротермальные выделения золотоносных сульфидов. Поэтому первоочередной задачей будущих исследований на КМА является изучение процессов накопления (или привноса), дальнейшего переноса (или мобилизации), концентрации золота и устойчивости золотоносных комплексов сульфидов в специфической геохимической обстановке коры выветривания.

Л и т е р а т у р а

Борисов С.Ф., Извеков Э.П., Калганов М.И., Ужгалис Э.В. Докембрийская кора выветривания и золотоносные конгломераты КМА.— В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Борисов С.Ф. Геолого-тектоническая история бассейна КМА.— В кн.: Геология северо-восточной полосы КМА. М., "Наука", 1964.

Борисов С.Ф., Извеков Э.П. Конгломераты Коробковского месторождения Курской магнитной аномалии. - В кн.: Региональная стратиграфия СССР. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Борисов С.Ф., Извеков Э.П. Новые данные по конгломератам докембрия Коробковского месторождения КМА. - "Бюлл. НТО филиала ИГД АН СССР", 1961.

Борисов С.Ф. Тектоника докембрия КМА и строение шахтного поля Коробковского железорудного месторождения. М., 1960.

Воскресенская М.Н. Метаморфизованные коры выветривания в докембрии КМА. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Извеков Э.П., Щекин Ю.С. О коре выветривания архейских толщ Старооскольского района КМА. - "Бюлл. НТО комбината КМА-руда" и филиала ИГД АН СССР", 1962.

Калганов М.И., Ужгалис Э.В. Условия образования докембрийской коры выветривания региона КМА. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Кононов Н.Д., Петров Б.М. Продукты докурского выветривания в основании протерозоя Курской магнитной аномалии. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Кононов Н.Д. Основные закономерности локализации золота в грубообломочных породах базального горизонта протерозоя Курской магнитной аномалии. В кн.: Металлогения докембрия. Л., 1975.

Сидоренко А.В., Чайка В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. М., "Наука", 1970.

С.В.ЛЕВЧЕНКО, Е.Т.БОБРОВ,
Ф.Я.ВОЛОЧАЕВ, И.Г.ЩИПАКИНА

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ, УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ

В данной работе авторы попытались показать распространение древних докембрийских неметаморфизованных кор выветривания на территории Русской платформы, выявить определенные условиями древнего выветривания основные черты состава и строения этих кор и установить наличие генетически связанной с докембрийским выветриванием рудоносности.

Исследования докембрийских кор выветривания Русской платформы осуществлялись многими геологами: в западной части платформы – А.С.Махначом, Н.Н.Левых, К.Н.Трубиной, в центральной и восточной частях – Т.А.Лашинской, Е.Т.Журавлевым, Ф.Я.Волочаевым, Е.Т.Бобровым, М.И.Грайтзером, В.А.Ерошевым-Шаком, В.Х.Наседкиной и др., и в южной части – Е.Т.Бобровым, И.Г.Щипакиной, Ю.М.Малиновским и др. При этом главное внимание уделялось изучению вещественного состава глинистых минералов, установлению зональности и возможной рудоносности кор выветривания.

На территории Русской платформы известны коры выветривания трех возрастных групп: рифейские (дополесские), довендские (довольнские), вендские (догдовские), изучение которых на всей обширной территории региона позволило выявить различия не только в их характере, но и в сохранности.

Рифейские слабометаморфизованные отложения, залегающие в основании осадочного чехла Русской платформы, выполняют протяженные, сравнительно узкие желобообразные прогибы типа авлакогенов. Обширные центральные массивы платформы и Балтийский щит в рифее море заливало лишь временами и притом на отдельных участках. Об этом свидетельствуют наличие осадков овручской серии среди кристаллических пород Украинского щита и наличие рифейских отложений в центральных районах Татарского свода, в частности в Камском устье (Е.П. Брунс, А.Н.Гейслер, Н.С.Иголкина, М.М.Толстихина, 1960).

Значительная мощность рифейских отложений (превышающая в некоторых местах 1500м) и их преимущественно терригенный состав – свидетельства происшедшего в то время глубокого размыва кристаллических пород относительно приподнятых блоков фундамента русской платформы. Глубина размыва составляла, по самым скромным подсчетам, не менее 200–300м, что, естественно, не содействовало сохранности рифейской коры выветривания.

Рифейские отложения представлены исключительно красноцветными терригенными толщами. Преобладающими породами являются различной размерности песчаники, часто с прослоями и линзами конгломератов. Среди песчаников встречаются мономинеральные кварцевые разности. Характерная особенность рифейских отложений — наличие скоплений, а иногда линз и прослоев каолинита. Литологический анализ указывает на большую роль рифейских отложений континентальных осадков и на близость областей сноса к областям аккумуляции. Рифейские коры выветривания имели, вероятно, очень широкое распространение и значительную мощность. Однако в силу неблагоприятных условий консервации они сохранились только в глубоких депрессиях, под полесскими и синхронными им отложениями (сердобскими, нижебавлинскими и др.).

Для рифейских кор выветривания характерны следующие особенности:

1. Большая мощность зоны дезинтеграции (в которой кристаллические породы характеризуются значительной трещиноватостью и появлением глинистых минералов, представленных каолинитом, гидрослюдой и монтмориллонитом); сама кора выветривания — мы понимаем под этим ее существенно глинистую часть — имеет обычно небольшую мощность: 4–5 м, редко 25–30 м. 2. В зоне дезинтеграции процессы гипергенеза захватывают прежде всего плагиоклазы, а из цветных минералов — амфиболы, пироксены и слюды. В зоне гидратации и частичного выщелачивания идет образование главным образом смешаннослойных минералов гидрохлорито-монтмориллонитового и гидрослюдисто-гидрохлоритового состава. 3. Изредка встречается железисто-каолининовая зона. О ее некогда широком развитии можно судить по повсеместному распространению среди рифейских отложений каолинита, кварцево-каолининовых и мономинеральных кварцевых пород.

Таким образом, в самом общем виде в рифейской коре выветривания удается наметить три зоны: нижнюю (каолинито-гидрослюдисто-монтмориллонитовую), среднюю (очень сложного состава с преобладанием смешаннослойных минералов), и верхнюю (железисто-каолинитовую).

В качестве примера разреза частично сохранившейся рифейской коры выветривания может служить разрез, вскрытый скважиной, пробуренной северо-восточнее г. Ярцево (Смоленская область). Обнаруженная на глубине 1038,8 м кора выветривания на гранодиоритах (мощность ее — 8,1 м) перекрыта песчаниками полесской серии. В нижней зоне (зона дезинтеграции) появляется каолинит, который в верхней части зоны, как показывают электронномикроскопические исследования, преобладает. По биотиту развиваются хлорит и гидрохлорит, выше замещающиеся смешаннослойными минералами; здесь же образуются скопления лейкоксена и окислов железа. При изучении хода процесса выветривания методом равных объемов удалось установить существенный вынос кремнезема, окиси натрия, кальция и значительное увеличение содержания окиси титана, магния, железа, калия и некоторое увеличение содержания алюминия.

Весьма характерен разрез коры выветривания на гранитизированных амфиболитах, вскрытый скважиной 19, пройденной вблизи с. Городище в Минской области и описанный К. Н. Трубиной. Глинистые минералы в нижней зоне (дезинтеграции) представлены каолинитом, составляющим 20%, и смешаннослойными минералами (60%). Состав глинистых минералов в средней зоне заметно иной — количество

смешаннослойных минералов доходит до 100%. В верхней зоне отмечается преобладание каолинита (85–90%).

В юго-восточной части Брянской области В.Х.Наседкиной под оршанской свитой обнаружена дорифейская кора выветривания, развитая на сиенито-диоритах и представленная двумя зонами: дезинтеграции и гидрослюдисто-монтмориллонитовой. Предполагается существование (размытой) каолиновой зоны.

Н.Н.Левых и А.С.Махнач отмечают широкое распространение в пределах Белорусского массива дорифейской и рифейской коры выветривания довольно сложного строения: в нижней части профиля преобладает гидрослюда, а в верхней части отмечается наличие хорошо развитой каолиновой зоны, в которой обнаружен гиббсит.

Крайне интересный разрез рифейской коры описан В.А.Ерошевым-Шаком (1969г.) по скважине, пройденной вблизи г.Переславль-Залесский и вскрывшей габбро-пироксенитовый массив. Мощность коры здесь всего 4м. Но несмотря на это, в ней, наряду с каолинитом и монтмориллонитом, встречен гиббсит.

По данным Е.Т.Боброва и И.Г.Щипакиной, на северо-восточном и юго-восточном погружениях Татарского свода глубокими разведочными скважинами на нефть (59, 19, 2 и др.) вскрыта дорифейская кора выветривания. В скважине 59 она имеет небольшую мощность (1,5м) и перекрывается нижебавлинскими красноцветными песчаниками с каолиновым цементом. В скважине 19 кора выветривания вскрыта на глубине 1744м; ее мощность 8,5 м. Здесь выделены 3 зоны: дезинтеграции, каолинит-гидрослюдистая с монтмориллонитом и гидрогетит-каолиновая. Состав средней зоны коры крайне неустойчивый и сложный. Перекрывается она нерасчлененными аргиллитами бавлинской свиты. В скважине 2 (Байтуганская площадь) вскрыта описанная Е.Т.Журавлевым кора выветривания мощностью 13м, верхняя зона которой (~ 5м) сложена гидрогетит-каолинитом.

Итак, во всех описанных разрезах удается выделить три зоны: начальной дезинтеграции, глинистая часть которой состоит из гидрослуд, каолинит-гидрослюдистую с монтмориллонитом и железисто-каолиновую.

Для довендской (волыннской) коры выветривания характерны малая мощность (до 5м) и фрагментарное развитие, несмотря на в общем значительно более широкое распространение вендских отложений сравнительно с рифейскими. Отложения волынской серии или залегают непосредственно на породах фундамента или трансгрессивно перекрывают рифейские осадки. Характерной особенностью отложений волынской серии является наличие, особенно в западных частях платформы, мощных вулканогенных толщ.

Характерный разрез довендской коры выветривания прослежен в скважине 91, пройденной вблизи д.Порез в Удмуртской АССР. Здесь кора выветривания развита на гнейсах и перекрыта верхнебавлинскими отложениями. В зоне дезинтеграции глинистые минералы представлены гидрослюдой (60%) и хлоритом (40%). В верхней, более выветрелой зоне гнейсов в составе глинистых минералов преобладают гидрохлориты (до 90%), в подчиненных количествах представлены гидрослюды и в ничтожно малых – каолинит.

В перекрывающих довендскую кору выветривания волыньских и синхронных им верхнебавлинских и других отложениях каолинит, как правило, не встречается.

В отложениях этого возраста отсутствуют кварцевые пески, железистые и железисто-каолиновые накопления.

Для вендской (догдовской) коры выветривания характерны весьма широкое развитие, большая мощность и, что особенно важно, значительно лучшая сохранность. Эта кора формировалась после крупной структурной перестройки платформы. В отдельных местах западной части Русской платформы мощность вендской коры превышает 100м. Она всегда имеет четко выраженное зональное строение, и в ней часто отмечается сохранившаяся верхняя железисто-каолиновая зона. В качестве примера такой коры выветривания может быть приведен описанный К.Н.Трубиной (1970) разрез; вскрытый скважиной З18(Туду). В этом месте вскрыта кора выветривания, развитая на гранитизированных биотитово-амфиболовых ортогнейсах. Мощность ее свыше 100м (из них на нижнюю зону приходится 24, на среднюю 77 и на верхнюю - 27м).

Нижняя зона представляет собой зону дезинтеграции со следующим количественным соотношением глинистых минералов: хлорит - 15, каолинит - 40, гидрослюда 45%. Для средней зоны характерно развитие смешаннослойных минералов, причем в ее нижней части преобладает монтмориллонит, в средней - смешаннослойные и в верхней - гидрослюда. Количество каолинита в средней зоне колеблется от 5 до 60% с четко выраженным увеличением содержания в ее верхней части. Верхняя зона сложена главным образом железисто-гидрослюдисто-каолиновым веществом. Содержание гидрослюда составляет около 30, а каолинита около 70%. Значительное развитие получают гидроокислы железа. Такие минералы, как плагиоклазы, амфиболы, пироксены и биотит, в этой зоне полностью замещены железисто-гидрослюдисто-каолиновым веществом. Порода состоит, следовательно из железисто-глинистого материала, в который как бы погружены сохранившиеся зерна кварца и микроклина.

Кровлей коры выветривания служат догдовские отложения, представленные железистыми песчаниками, обогащенными каолинитом (который вместе с окислами железа слагает цемент породы, а также встречается среди ее обломочной части). В некоторых скважинах, пройденных на территории Эстонской ССР, в догдовской коре выветривания К.Н.Трубиной отмечено наличие гиббсита.

Вендская кора выветривания с каолиновой зоной описана А.С.Махначем и Н.Н.Левых в Белоруссии.

Известный интерес представляет кора выветривания, вскрытая Чаплыгинской скважиной и описанная В.А.Ерошечевым-Шаком (1969). Развиты эта кора на диоритах; мощность ее более 30м. В ней выделено несколько зон, в верхней из которых появляется гиббсит. Возможность отнесения образования этой коры, перекрытой отложениями среднего девона, к венду остается пока еще не доказанной, хотя и, учитывая весь комплекс геологических условий - весьма возможной.

Изложенное выше позволяет авторам сформулировать три следующих положения.

1. Принципиальная схема развития процессов выветривания, происходивших на Русской платформе в доплесское и в догдовское время, существенно не отличалась от схемы развития этих процессов на более молодых этапах истории развития Земли.

Специфическими особенностями строения и состава профиля выветривания докембрия являются: 1) наличие мощных зон дезинтеграции даже при почти полном размыве остальных зон; 2) очень сложный минеральный состав промежуточной зоны (состоящей в существенной своей части из ряда смешаннослойных минералов) и 3) частая встречаемость аazonального профиля, сложенного набором гидрослюдисто-каолининовых минералов. Первая особенность, как нам представляется, может быть объяснена за счет длительности и многократности проявления процессов выветривания, захватывавших все более глубокие горизонты фундамента, а вторая и третья особенности – за счет значительных масштабов проявления эпигенетических процессов, изменявших направление кристаллохимических процессов (формирование гидрослюда по каолиниту).

2. Уже в рифее и венде имелись условия для формирования месторождений практически всех тех видов полезных ископаемых, генетически связанных с корами выветривания, которые нам известны для более поздних этапов истории Земли, т.е. бокситов, железных руд, огнеупорных и каолининовых глин, кварцевых песков и т.д.

3. Докембрийские коры явились более благоприятным субстратом для последующего выветривания, чем первичные породы (КМА, Тиман).

Эти предпосылки должны быть положены в основу поисков промышленных месторождений, генетически связанных с докембрийским корообразованием.

В Сибири такие месторождения не только известны, но и разведаны.

Наиболее характерными примерами могут служить Боксонское месторождение бокситов и группа Ангаро-Питских железорудных месторождений.

ПРОДУКТЫ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ АЛДАНСКОЙ ПОДВИЖНОЙ ОБЛАСТИ И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Литологический анализ мощных толщ разнообразных пород алданского комплекса (нижний архей), в том числе отложений иенгрской серии и высокоглиноземистых образований, показал, что их формирование происходило в подвижной области геосинклинального типа и осуществлялось за счет накопления продуктов кор выветривания, привнесенных в зону седиментации из сопредельных областей сноса, за счет разрушения приподнятых блоков и участков в самой подвижной области, за счет вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований и продуктов их разрушения и разложения и т.д. (Кулиш, 1973).

Закономерности в пространственном расположении высокоглиноземистых пород различного фациального состава и ассоциирующих с ними пород, изменения в их соотношениях и химическом составе, трансгрессивный характер мегациклов осадконакопления (трансгрессия происходила с востока на запад), и общая тенденция смещения осадочных областей геосинклинали в широтном направлении указывают на то, что снос материала шел с запада и юго-запада (то есть из областей, расположенных в пределах Байкальской и Становой складчатых областей и удаленных от юго-западной границы Алданского щита, вероятно, на 100–500 км).

Химический состав осадков, наличие формаций высокоглиноземистых пород, представляющих собой переотложенные продукты кор выветривания, и наличие в песчаных породах концентраций устойчивых и тяжелых минералов свидетельствуют о существовании в то время жестких структур с широко развитыми корами глубокого выветривания: они являлись областями сноса, в которых имелись стабильные поднятия и пенеплены. Вообще докембрийские комплексы переотложенных продуктов кор выветривания в палеогеографическом отношении коррелируют региональным континентальным размывам кор выветривания в областях сноса жестких пенепленов (Сидоренко, Чайка и др.).

Породы областей сноса, подвергавшиеся выветриванию и являющиеся источником материала для кварцевых и высокоглиноземистых пород, имели в основном сиалический состав (это были граниты и гранодиориты, в меньшей мере метаморфические и осадочные породы и еще в меньшей – основные магматические породы). Этот вывод основан на анализе аксессуарных минералов и их ассоциаций (каждой крупной петрографической группе пород свойствен свой набор аксессуарных минералов (Кухаренко, 1961). О кислом и среднем составе пород областей сноса можно судить по составу пород щита, особенно иенгрской серии, в значи-

тельной мере сложенной продуктами сноса (Кулиш, 1972). Об этом же свидетельствует и набор редких и рассеянных элементов в высокоглиноземистых породах (повышенные содержания бария, циркония, редких земель, галлия, щелочей и т.д.). На то, что области сноса были сложены гранитами и гнейсами, указывает и наличие кварцито-гнейсов (первичных аркозов); (Чайка и др., 1966). Гальки в конгломератах в большинстве случаев кварцевые, кварцитовые и гранитоидные, редко отмечаются гальки первично-метаморфических, осадочных и основных магматических пород; некоторые из них несут следы доэрозийных пластических деформаций. Это указывает на гетерогенный характер областей денудации, обладавших комплексом различных магматических, осадочных и метаморфических пород, в какой-то мере дислоцированных.

Развитие в алданском комплексе мощных тел высокоглиноземистых осадков каолинового и гидрослюдистого состава и кварцевых песчаных пород, высокая степень дифференциации кластогенного, пелитоморфного и хемогенного материала с закономерным изменением химической и минералогической "зрелости" осадков (что подтверждается преобладанием устойчивых к химическому выветриванию чистых кварцевых песков, апатитовых, рутиловых, ортитовых, цирконовых россыпей, а также железистых, бороносных, глиноземистых, мергелистых, карбонатных, углеродистых, марганцевых, бокситовых и прочих осадков при крайне подчиненном значении кварцевых конгломератов, аркозов, граувак и тому подобных образований), формирование идеального ряда осадочных формаций с контрастным распределением главных и второстепенных компонентов пород, соотношение гранулометрического состава устойчивых и неустойчивых к выветриванию минералов и другие моменты доказывают, что эти толщи бесспорно представляют собой продукты переотложенных каолиновых и - в меньшей мере - гидрослюдистых кор выветривания, развитых в областях сноса.

В гальке кварцита наблюдаются полоски, пятна, кольца, оторочки (вокруг кварцевых агрегатов), сложенные тонкоиглольчатым, иногда фибролитоподобным силлиманитом, образующим обособленные выделения, снопики, пучки, розетки и т.п. Подобные специфические выделения силлиманита наблюдаются и в гальках гранитов, (где он развивается преимущественно по полевым шпатам, особенно по периферии их зерен). Такого рода агрегаты силлиманита совершенно не характерны для других пород алданского комплекса. По структурным и морфологическим особенностям этот силлиманит отличается и от силлиманита, формировавшегося за счет метаморфизованного глинистого цемента пород галек. Подобные выделения силлиманита могут рассматриваться как продукт метаморфизма каолинита, образывавшегося в трещинах пород, по зонам сочленения минералов, по самим минералам в процессе выветривания этих пород *in situ* в период переноса гальки.

Выветривание было длительным, глубоким, с преобладанием химического воздействия, учитывая незначительное развитие полимиктовых осадков (по сравнению с мономинеральными и олигомиктовыми разновидностями). Анализ развития кор выветривания во времени показывает, что чем древнее коры выветривания, тем чаще распространены каолиновые и гидрослюдистые типы кор, реже охристый, глиноземистый и еще реже - монтмориллонитовый и бейделлитовый (Виноградов, Ронов, 1956; Гинзбург, 1957). Развитие каолиновых кор выветривания

обусловлено высокой устойчивостью каолинита в различных химических условиях, наличием вод повышенной кислотности, процессами обеления продуктов железистых кор, возможно, ресилификацией глиноземистых кор выветривания в гумидном и тропическом климате, а также тем, что области развития этих кор были сложены породами кислого и среднего состава (на основных породах развиваются монтмориллонит и хлориты).

Исследование кварцевых и глиноземистых пород бесспорно указывает на первично-осадочную кластогенную или гидролизную природу исходных осадков. Различие в размерах кластогенных зерен кварца в кварцито-гнейсах (метааркозах) — в мономинеральных кварцевых слюйках они меньше, чем в слюйках, обогащенных полевыми шпатами — позволяет сделать вывод, что в областях сноса господствовало интенсивное химическое выветривание, ибо только в этом случае более крупные фракции в песчанистых образованиях в большей мере обогащаются минералами, малоустойчивыми при выветривании (Сидоренко, 1955). На интенсивность выветривания указывают также низкие содержания в породах K , Na , Ca и высокие $Al_2O_3: Na_2O$ (коэффициент глинизации).

Все это позволяет заключить, что в раннем архее (алданское время) в корях выветривания формировались те же продукты разложения, что и в современных условиях (каолинит, гидрослюда, гидраты глинозема и т.д.). По мнению А.Б.Ронова (1964), уже в доархейское время (азой) шло формирование остаточных кор выветривания с высокоглиноземистыми глинами, которые, переотлагаясь, играли важную роль в процессах осадконакопления.

Для областей сноса, тектонически относительно спокойных были характерны сглаженный рельеф и гумидный климат. Вероятнее всего, они представляли собой воздымающиеся свод-пенешлы, обширные области сводовых поднятий с определенными проявлениями глыбовой тектоники (Чайка, 1975). Отклонение от этих условий имело место в начальную стадию отложения верхнеалданской свиты, когда шло формирование кварцито-гнейсов (аркозов) и конгломератов. Эти комплексы формировались более быстрыми потоками при ускоренном накоплении осадков — результат более интенсивной денудации пенешлы, вызванной возрастанием его тектонической активности (расчленение на блоки, общий подъем региона и т.д.).

Районы латеритного выветривания достоверно установлены лишь в зоне перехода между стабильной и подвижной областями, соответствующей в настоящее время юго-западной части Алданского щита (верховья рек Тимптона и Алдана). Продукты латеритных кор выветривания, бокситы и бокситовые глины (ныне корундиты и корундовые породы) приурочены к двум стратиграфическим уровням алданского комплекса — низам чайнытской свиты верхнетимптонской (курультинской) серии (эвгеосинклинальные образования) и низам верхнеалданской свиты иенгрской серии (миогеосинклинальные толщи). В эти периоды осадконакопления тектоническая и климатическая обстановка (тропический или субтропический климат) благоприятствовала образованию, переносу и переотложению латеритного материала. Латериты формировались в прибрежных зонах морских бассейнов аккумуляции, примыкавших к консолидированной структуре.

Продукты кор латеритного выветривания основных и алюмосиликатных пород переотлагались в непосредственной близости от выходов элювия на карбонатных, мергелистых и алюмосиликатных породах и переслаивались с глинистыми, мерге-

листы и песчаными отложениями. В ходе следующего метаморфизма бокситоносные образования были превращены в корундиты и корундовые породы. На бокситовую природу южноякутских корундитов, кроме определенного стратиграфического положения, указывают следующие факты. В непосредственной близости от корундовых образований залегают типичные парапороды: силлиманитовые и графитовые сланцы, кварциты, кальцифиры и высокоглиноземистые породы. Парагенезис пород, сопредельных с корундитами, имеют все элементы, характерные для бокситоносных профилей фанерозойских отложений. В большинстве случаев залежи бокситов отделяются от вмещающих образований зонами каолинитовых пород. Тела корундитов также залегают на силлиманитовых и других высокоглиноземистых породах, являющихся метаморфизованными аналогами каолинитовых образований.

Корундовые залежи имеют форму линз размерами от 4x10 до 25x70м, согласных с вмещающими парапородами: то есть по форме и размерам они напоминают известные залежи бокситов.

Для залежей корундовых пород характерно зональное строение с увеличением содержания глинозема к их центральным частям; то же самое характерно и для залежей неметаморфизованных бокситов. Анализ распределения и соотношения петрогенных элементов алданских корундитов и сопряженных с ними высокоглиноземистых пород демонстрирует полную аналогию с бокситами. Низкие содержания Fe, Si, Ca, K, Na, Mg и повышенные содержания Al, Ti, Cr, V, S, высокая степень окисления Fe, а также особенности распределения и соотношения других петрогенных и второстепенных элементов позволяют предполагать, что исходные бокситы относились к геосинклинальному типу и имели бемит-диаспор-гидраргиллитовый состав. Концентрации и соотношения Cr, Ni, Co, Ti и других элементов указывают на то, что нижнеархейские бокситы произошли за счет разложения пород основного состава. Диафориты и другие вмещающие корундиты породы — хотя их химический состав и был несколько изменен в процессе ультраметаморфизма и диафореза — сопоставимы как с другими высокоглиноземистыми гнейсами и сланцами алданского комплекса, так и с высокоглиноземистыми породами бокситоносных формаций. По своим петрохимическим характеристикам корундовые породы являются наиболее глиноземистыми разностями метасадочных пород Алданского щита, что позволяет рассматривать их как метаморфизованные члены ряда перетложенных продуктов кор выветривания, то есть как бокситы. В химическом отношении корундовые породы принципиально не отличаются от молодых бокситовых образований, если не считать наблюдаемых в алданских корундитах более высоких значений содержания Al и несколько меньших значений Al : Si .

Наверняка, бокситы и бокситсодержащие глины были более широко развиты в алданском комплексе, а процессы бокситообразования во время отложения осадков алданского комплекса были интенсивными и широко распространенными (учитывая неустойчивость бокситовых минералов в процессах осадочного перетложения при прогрессивном и регрессивном метаморфизме и гранитизации).

Геологическое положение, особенности морфологии и строения залежей, как и данные петрохимического анализа, убедительно свидетельствуют о том,

что исходным материалом для корундитов и корундовых пород служили залежи бокситов и бокситовых глин (Коржинский, 1939; Кулиш и др., 1973).

Учитывая широкое распространение в продуктах кор выветривания пород с графитом биогенного происхождения, можно заключить, что органическая жизнь принимала определенное участие в выветривании и формировании бокситов докембрия (Вернадский, 1960; Сердюченко и др., 1968).

Изучение особенностей выветривания в областях сноса и характера неоднократно перемытых и переотложенных продуктов мощных кор выветривания, с подчиненной ролью конгломератов и аркозов, позволяет определять краевые области накопления как перикратонные структуры (опускания), являющиеся областями последующего развития геосинклинальных систем. Эрозия пенеппенов была длительной и относительно слабо выраженной, лишь в начале позднеалданского времени она выразилась более резко (наличие горизонтов конгломератов и аркозов).

Все это позволяет сделать вывод, что Алданский щит не может считаться самым древним исходным ядром Сибирской платформы — к юго-западу от него, то есть в районах Становой, Олекминской и Байкальской складчатых зон, находились более древние жесткие структуры. Время накопления материала алданского комплекса соответствует не начальному периоду существования этого участка земной коры, а лишь наиболее древнему из известных этапов этого периода. Тем самым становится понятным наличие среди образований протерозойского обрамления щита тектонических блоков, сложенных чарнокитами и другими глубоко метаморфизованными породами, образовавшимися в условиях более высоких температур и глубин, чем породы архея Алданского щита. Некоторые породы Олекмо-Становой области по абсолютному возрасту значительно древнее алданского комплекса (Кулиш, 1973).

Впоследствии эта жесткая структура эродированного в архее пенеппена была активизирована и на ней развились протерозойские подвижные области, породы доархейского возраста в значительной части подверглись диафторезу.

Транспортировка продуктов кор выветривания из областей сноса в зоны накопления была длительной и осуществлялась, вероятно, речными потоками большой протяженности со спокойным течением. Имели место неоднократное переотложение и перемыв материала в процессе переноса. Это обусловило резкую осадочную дифференциацию вещества, пестроту состава пород, сложность фациальных переходов, разнообразие сочетаний пород и их текстур и т.д. Происходили значительная сортировка привносимого материала (вплоть до образования мономинеральных кварцевых песков и глин), четкое разделение его, а также интенсивная абразия кластогенных зерен.

Примером высокоглиноземистых отложений, сформировавшихся за счет продуктов кор выветривания внутригеосинклинальных поднятий, являются образования джелтулинской серии, развитые в полосе от устья р.Гонам на юго-востоке до приустьевой части р.Тимптон на северо-западе (Кулиш, 1972).

Литологический анализ формаций алданского комплекса, прежде всего осадков верхнетимптонской и тимптонской серий, позволил показать, что наряду с продуктами кор выветривания областей сноса и внутригеосинклинальных поднятий важную роль в накоплении высокоглиноземистых продуктов играли вулканогенные

и вулканогенно-осадочные образования. Они сочетаются с терригенно-осадочными и хемогенными осадками (песчаниками, известняками, железными рудами и т.д.).

Следует отметить, что в толщах алданского комплекса остаточные коры выветривания раннеархейского возраста пока не обнаружены.

Процессы образования и переотложения продуктов кор выветривания в пределах Алданской подвижной области привели к формированию концентраций разнообразных полезных ископаемых, представляющих промышленный интерес. Это месторождения железных руд, металлургического сырья (кварциты, силлиманитовые кварциты), глинозема (силлиманит, дистен, корунд), абразивов (корунд, гранат), бора, апатита и ряда редких элементов. Имеются благоприятные перспективы для выявления промышленных месторождений графита, марганца, титана, некоторых редких элементов, а также древнейших россыпей рутила. Эти месторождения и рудопроявления связаны с высокоглиноземистыми формациями алданского комплекса и представляют собой переотложенные продукты кор выветривания. По генетическим особенностям они относятся к осадочным метаморфизованным месторождениям, то есть возникли за счет метаморфизма первично-осадочных концентраций вещества. Корундиты и корундсодержащие породы образовались в процессе метаморфизма бокситов и бокситовых глин; силлиманитовые и дистеновые породы сформировались за счет каолинитовых осадков; гранатсодержащие породы представляют метаморфизованные железо-мергелистые или сидеритсодержащие осадочные породы; железные и марганцевые руды возникли при метаморфизме гидроокисных, возможно, частью карбонатных, осадочных накоплений железа и марганца; в основе турмалин-, котоит-, людвигит-, варвикит- и аширитсодержащих пород лежат эвапоритовые концентрации бора; графитовые породы - не что иное, как метаосадки с орогенным углеродом; кварциты образовались при метаморфизме кварцевых песков. Повышенные концентрации кластогенных циркона, рутила, апатита, ортита и других минералов в породах западной части щита являются раннеархейскими метаморфизованными россыпями.

Прогрессивный региональный метаморфизм амфиболитовой и гранулитовой фаций не привел к существенному изменению первичного состава накопленных продуктов кор выветривания. Изменения их состава были значительными лишь в отношении воды, хлора, углекислоты и других легколетучих компонентов. Более значительные перемещения вещества наблюдаются при гранитизации, в частности, южноякутские месторождения железа, бора, а также флогопита сформированы в процессе метасоматического перемещения первично-осадочных накоплений железа, бора; глинозема, магнезия и т.д.

Таким образом, характер развития раннеархейских кор выветривания в Алданской подвижной области, их геологическое положение, генетические особенности и продукты переотложения, перенос сформировавшегося материала в области накопления и участие его в процессах седиментации, а также их рудоносность пород кор выветривания были в общем такими же, как и в более молодые периоды развития Земли.

Л и т е р а т у р а

Вернадский В.И. Биосфера. - Избр. произв., т.5. Изд-во АН СССР, 1960, с.9-303.

Виноградов А.П., Ронов А.Б. Эволюция химического состава глин Русской платформы. - "Геохимия", 1956, № 2, с.3-18.

Гинзбург И.И. Основные результаты изучения древних кор выветривания в СССР. "Изв. АН СССР, серия геол.", 1957, № 12, с.61-88.

Коржинский Д.С. Докембрий Алданской плиты и хребта Станового. - "Стратиграфия СССР", 1939, №1, с.349-366.

Кулиш Е.А. Литология высокоглиноземистых метаморфических пород нижнего архея Алданского щита. Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. докт. геол.-минер. наук. М., 1972.

Кулиш Е.А. Высокоглиноземистые метаморфические породы нижнего архея Алданского щита и их литология. Хабаровск, 1973. 370с.

Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. Госгеолтехиздат, 1961, 318с.

Ронов А.Б. Общие тенденции в эволюции состава земной коры, океана и атмосферы. - "Геохимия", 1964, № 8, с.715-743.

Сердюченко Д. П. Докембрийские метаморфизованные коры выветривания и их геохимические и минералогическо-петрографические особенности. В кн.: "XXIII сессия МГК. Докл. сов. геол. Пробл. 4". "Наука", 1968, с.212-217.

Сидоренко А.В. К вопросу о связи минералогического и механического состава песков. - "Докл. АН СССР", 1955, 100, №5, с.977-980.

Сидоренко А.В., Чайка В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия. - В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. "Недра", 1970, с.5-29.

Чайка В.М. Докембрийские аркозовые формации, метаморфизованные россыпи и цирконовый метод изучения метаморфических пород и гранитов. - В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. "Недра", 1966, с.200-215.

Чайка В.М. Формирование сводовых поднятий и развитие кор выветривания докембрия. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975, с.11-15.

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

До настоящего времени представления о распределении докембрийских кор выветривания на северо-востоке Сибирской платформы носили отрывочный характер и базировались лишь на немногочисленных публикациях (Иванов, 1964; Смирнов, 1965; Шамшина, Никишова, 1971). Для получения более полной информации об этих древних образованиях нами в 1969–1974 гг. были проведены исследования в районах поверхностных выходов докембрия на юго-восточном склоне Анабарского массива (верховья р. Мал. Куонапка), на Билиро-Уджинском поднятии (бассейны рек Уджа и Юэлэ) и на Сололийском выступе Оленекского поднятия (верховья р. Сололи). Результаты этих исследований, а также данные, почерпнутые из рукописных и опубликованных геологических материалов, легли в основу настоящей статьи.

Во вскрытых на Анабарском массиве архейских породах, метаморфизованных в условиях гранулитовой фации, выделены три серии (Лутц, 1964). Нижние две из них относятся к первично вулканогенно-осадочным образованиям эвгеосинклинального ряда; верхняя серия представляет собой терригенно-карбонатный комплекс, сформированный в миегеосинклинальных прогибах. В разрезах верхней части первично вулканогенно-осадочной толщи и всей терригенно-карбонатной толщи присутствуют линзовидные прослои метаморфических пород с высоким (до 75%) содержанием силлиманита, ассоциирующего обычно с альмандином и графитом; эти высокоглиноземистые образования можно, с некоторой долей условности, считать продуктами архейских кор выветривания. В целом реконструкция первичного состава архейских пород и установление связи их формирования с процессами химического выветривания крайне затруднительны вследствие наложенного метаморфизма.

Н и ж н е пр о т е р о з о й с к и е метаморфизованные породы, измененные в условиях зеленосланцевой фации, обнажены на Сололийском выступе Оленекского поднятия, где они выделены под названием "эекитская серия" (Атласов, 1963). Видимая часть разреза серии мощностью 2,5–3 км сложена филлитовидными графитоидсодержащими сланцами (около 40% общей мощности разреза), метаалевролитами (до 50%), метапесчаниками (до 10%). Несмотря на метаморфизм, в толще сохранились текстурные признаки первично-осадочных образований: ритмичный характер чередования указанных литологических разновидностей и присущая данным породам тонкая горизонтальная, диагональная, волнистая, и S-образная слоистость, характерная для отложений шельфа (Шпунт,

и др., 1973; Шпунт, Нужнов, 1973). Эекитская серия имеет регрессивный характер построения разреза, нижнюю часть которого слагают **метаморфизованные** алевро-глинистые породы (с серицитом, хлоритом, биотитом, доломитом, сидеритом, кварцем), а верхнюю часть — метаалевролиты и метапесчаники, содержащие обломочный материал невысокой степени зрелости (полевые шпаты, измененные эффузивы, кварц, слюды). Залегающие в основании разреза толщи филлитовидные сланцы следует, по-видимому, рассматривать как продукты переотложения донинепротерозойской ("дозекитской") коры выветривания, а залегающие выше метаалевролиты и метапесчаники — как продукты перемыва нижних, менее зрелых зон той же площадной коры.

На территории Билиро-Уджинского поднятия, где нижнепротерозойские метаморфические породы залегают вблизи от поверхности, в **кайнозойских** водораздельных галечниках часто встречаются обломки графитоидсодержащих кварцито-песчаников, кварцевых метагравелитов и метаконгломератов, сопровождаемых спектром минералов тяжелой фракции, в которой преобладают алмаздин, метаморфогенный ильменит, эпидот, рутил, циркон, платиновые минералы, касситерит, золото (Шпунт, 1974). В ряде обломков кварцито-песчаников, измененных в условиях эпидот-амфиболитовой фации, выявлено присутствие повышенных концентраций ильменитизированного лейкоксена и циркона, а также единичных зерен минералов-спутников алмаза — пироба с показателем преломления $1,773$ и ильменита, близкого по оптическим свойствам к пикроильменитам из **кимберлитовых** пород. В обломках кварцевых метагравелитов обнаружены повышенные концентрации золота. Существенно кварцевый состав рассматриваемых метаярод и присутствие в них повышенных концентраций высокоустойчивых к процессам выветривания минеральных компонентов позволяют сделать вывод, что данные первично-осадочные образования представляют собой продукты переотложения **донинепротерозойской** коры выветривания, подвергшиеся затем метаморфизму.

В среднем протерозое на территории региона устанавливается континентальный режим и образованию рифейского платформенного чехла предшествует формирование пенепленизированной поверхности, выработанной на породах архейского кристаллического фундамента и нижнепротерозойского складчатого основания.

Среднепротерозойские (дорифейские) коры выветривания изучены на северной, западной и юго-восточной окраинах Анабарского массива (Иванов, 1964; Смирнов, 1965; Шамшина, Никишова, 1971). Среднепротерозойская кора выветривания, залегающая на контакте архейского фундамента с мукунской свитой нижнего рифея, имеет здесь зональное строение и суммарную мощность 30 м. Состав продуктов выветривания разнообразный; хлорит-гидрослюдистые, гидрослюдисто-каолининовые, хлоритовые, монтмориллонитовые и каолининовые профили выветривания символизируют собой выходы на поверхность различных зон единой площадной коры. Наиболее зрелые продукты выветривания представлены каолинитом, что и определяет каолиновый тип предмукунской коры.

На Оленекском поднятии среднепротерозойская кора выветривания развита на эекитской серии нижнего протерозоя и перекрывается кварцевыми конгломератами и песчаниками сыгнахтакской свиты нижнего рифея. Породы субстрата

представлены метаморфизованными песчаниками и сланцами, прорванными интрузиями гранитоидов. Мощность предсолонийской коры выветривания колеблется в пределах 1-80м; в ее разрезе на различных породах выделяются зоны монтмориллонита, хлорита, гидрослюд, причем в верхней зоне устанавливается примесь каолинита. Изучавший эти образования Л.П.Смирнов считает, что в разрезе присутствуют корневые части коры, развивавшейся до латеритной стадии выветривания. Об этом свидетельствует ожелезнение как верхних зон существующих разрезов кор выветривания, так и продуктов их переотложения. В продуктах отложения предсолонийской коры выветривания отмечается повышенное содержание глинозема (до 31,5%). Мощность кварцевых песчаников, гравелитов и конгломератов прибрежно-морского генезиса, которые перекрывают кору выветривания, колеблется от 15 до 100м. Этим терригенным породам свойственно наличие высокозрелой лейкоксен-турмалин-цирконовой ассоциации минералов тяжелой фракции. Спектрохимический анализ позволил выявить повышенную золотоносность кварцевых конгломератов; основная часть золота присутствует в тонкодисперсной форме. При отсутствии видимых кластогенных частичек золота среди песчаных и алевроитовых зерен установлено значительное обогащение им глинистой фракции (менее 0,01мм) каолинит-гидрослюдистого состава. Содержания золота в глинистой фракции превосходят его содержания в массе пород в 5-10 раз. Еще большее обогащение золотом (до 100-кратной концентрации) фиксируется в глинистой фракции менее 0,001мм. Несомненно, что образованию нижнерифейского золотоносного осадочного комплекса на Оленекском поднятии в значительной мере способствовали региональное развитие площадных кор выветривания (обусловивших дезинтеграцию жильного материала в расположенных поблизости рудных золотосодержащих телах дорифейского возраста) и благоприятные условия для захоронения продуктов разрушения этих тел в прибрежных частях рифейского морского бассейна.

Средне-позднепротерозойская эпоха корообразования выделена по продуктам переотложения ее кор выветривания.

Слагающую Билиро-Уджинское поднятие мощную (900м) среднерифейскую вулканогенно-осадочную серию (унгуохтахская и халчаньрская свиты) удается разделить на три составные части. Нижняя часть сложена вулканитами основного состава, средняя - продуктами ближнего сноса кор выветривания, развитых на вулканитах, и верхняя - терригенно-карбонатными породами, накопленными в мелководной шельфовой области. В кровле покровов вулканитов пелловый материал нацело замещен каолинитом. Доминирующий каолинитовый состав глинистой фракции зафиксирован также в туффитах и туфоалевролитах средней части разреза вулканогенно-осадочной серии. Если принять во внимание отсутствие в составе глинистых фракций всех изученных пород гидрослюд, монтмориллонита и смешаннослойных тонкодисперсных минералов, можно допустить, что процесс гипергенного преобразования вулканических стекол в каолинит проходил чрезвычайно быстро, минуя промежуточные фазы - гидрослюдистую, монтмориллонитовую и др. Подобного типа профили кор выветривания известны также на Гавайских островах (Валетон, 1974), где в условиях интенсивного дренажа вулканиты среднего и основного состава преобразовывались в гиббсит-бемитовые продукты без каких-либо промежуточных глинистых фаз.

При сравнении данных химических анализов пород субстрата (вулканиты) и

продуктов выветривания ближнего сноса (туфоалевролиты) удается выявить накопление в последних глинозема (до 20,5%) и резкое уменьшение содержания окислов железа (примерно в полтора раза).

В верхней части вулканогенно-осадочной толщи значительное место занимают шамозитовые сланцы и алевропелиты, которые перемежаются с кремнисто-карбонатными породами и строматолитовыми доломитами. В шамозитовых сланцах и алевропелитах содержание закисного железа колеблется от 19,4 до 25,8%, а окисного железа от 2,0 до 5,0%; в качестве постоянной примеси присутствуют двуокись титана (до 3,2%), глинозем (до 20,7%), окись фосфора (до 0,3%) и окись марганца (до 0,6%).

По данным полуколичественного спектрального анализа, шамозитовые сланцы и алевропелиты характеризуются повышенными концентрациями галлия, бериллия, ванадия, кобальта, никеля, хрома, циркония и золота. В кремнисто-карбонатных породах, переслаивающихся с высокожелезистыми шамозитовыми сланцами, содержание марганца достигает 15,2%. Основной минеральной формой нахождения марганца является, по-видимому, манганокальцит.

Накопление среднерифейских глинистых отложений с повышенными содержаниями железа и кремнисто-карбонатных осадков с марганцем происходило в прибрежной мелководной зоне за счет размыва вулканогенных пород основного состава нижележащей унгуохтахской свиты. Шамозит являлся при этом продуктом разложения пеплового материала, поступавшего с древней суши в область прибрежно-морской аккумуляции. Одновременно с шамозитом накапливались тонкодисперсные титановые, ванадиевые, галлиевые, бериллиевые и золотоносные минеральные соединения, представляющие собой продукты переотложения высоkozрелых кор выветривания основных вулканитов. Накоплению всех перечисленных компонентов благоприятствовали, вероятно, слабо щелочные и нейтрально-окислительные условия водной среды прибрежной зоны. В генетическом отношении среднерифейские рудопоявления железа и марганца весьма близки к "итабиритовому" или "ата-суйскому" формационному типу руд, выделяемому Л.Н.Формозовой (1973).

Следы размыва до позднерифейской площадной коры выветривания обнаружены также на Билиро-Уджинском поднятии. Там верхнерифейская толща (уджинская свита по И.Г.Шаповаловой и др., 1974) состоит из пестроцветных терригенных пород, перемежающихся с редкими и маломощными прослоями строматолитовых доломитов. Состав терригенных компонентов толщи свидетельствует о ее формировании за счет сильно выветрелых эффузивов среднего состава и гранитоидов. Однако такие породы в строении рифейского комплекса Билиро-Уджинского поднятия не участвуют, поэтому следует допустить возможность резкой перестройки структурного плана региона в конце среднерифейского - начале позднерифейского времени, в течение которого были обнажены на поверхности породы дорифейского основания. Область сноса с развитой на ней площадной корой выветривания, располагалась, по всей вероятности, южнее площади Билиро-Уджинского поднятия.

Хотя базальные слои верхнерифейской толщи эрозией не вскрыты, но и в видимой части разреза удается наблюдать определенную зональность в распределении гипергенных минералов. Нижние части толщи насыщены высоkozрелыми мине-

ральными компонентами верхней (окислительной) зоны коры выветривания - каолинитом и гематитом. Содержание глинозема в алевропелитах нижней части разреза составляет 19,6-24,8%, а содержание двуокиси титана I,24-I,55%. В верхней части толщи состав глинистых компонентов полиминерален (каолинит, шамозит, гидрогаллуазит, гетит); содержание Al_2O_3 в осадочных породах заметно снижается, составляя лишь 5,3-16,9%.

В нижней части видимого разреза верхнерифейской толщи обнаружены повышенные содержания железа, заключенного в гематитовых конгломератах и песчаниках, переслаивающихся с каолинистыми сланцами. Наиболее высокие содержания (Fe_2O_3 до 55% и FeO до 8,7%) установлены в гематитовых конгломератах. Меньшие количества окисного и закисного железа фиксируются в гематитовых песчаниках (Fe_2O_3 - II,6-II,9%, FeO - 3,6-3,8%). Минимальной рудоносностью характеризуются каолинистые сланцы и алевропелиты (Fe_2O_3 - 5,1-5,6%, FeO - 3,3-3,5%). Суммарная мощность продуктивной пачки составляет около 90м. В генетическом отношении рудопроявления железа в верхнерифейской толще весьма близки к "оолитовому" формационному типу железных руд, выделяемому Л.Н.Формозовой (1973) в толщах докембрия древних платформ. Источником железа служили дорифейские гематитсодержащие эффузивы, на которых была развита площадная кора выветривания. Имеющиеся материалы указывают на высокую степень гипергенного преобразования субстрата, состав которого в сочетании с гумидным и, возможно, семиаридным климатом той эпохи весьма благоприятствовал формированию высокоглиноземистых продуктов в самых верхних зонах коры выветривания.

Предъюдомская кора выветривания широко распространена вдоль южной и частично вдоль восточной границ Анабарского массива и развита на различных по составу гнейсах и габбро-диабазам. Мощность коры выветривания колеблется от 1,5 до 9 м. В профиле коры выделяются зоны дезинтеграции, хлорита и гидрослюд. Во всех разрезах отмечается обогащение выветрелых пород гидроокислами железа. Широко распространены продукты переотложения этой коры, имеющие преимущественно гидрослюдистый состав. Результаты изучения состава коры и продуктов ее отложения позволяют говорить о сиалитном типе выветривания в предстарореченское время. О возможности существования латеритных условий выветривания косвенно свидетельствует интенсивная ожелезненность различных зон профиля коры (по данным Л.П.Смирнова).

На Билиро-Уджинском поднятии переотложенные продукты предъюдомской коры выветривания слагают прослои глинистых пород, гравелитов и песчаников с каолиновым цементом в основании юдомской толщи (томторская свита). Глинистые пестроцветные породы состоят из каолинита, гидрослюд, кремнезема, двуокиси титана и сидерита. Содержание глинозема в тонкодисперсной фракции пород (менее 0,001мм) достигает 33,1% при величине кремневого модуля 0,73; мощность глинистых прослоев колеблется от первых сантиметров до 2м. Около 20% обломочного материала гравелитов и песчаников томторской свиты составляют каолинит-гидрослюдистые агрегаты, заместившие гравий и алевро-песчаные частицы кислых эффузивов, гранитов и рифейских вулканогенно-осадочных пород. Минеральный спектр тяжелой фракции характеризуется высокостарой циркон-лейкоксеновой ассоциацией с рутилом, сфеном, эпидотом, альмандином. В составе

базальных гравелитов и внутриформационных конгломератов обнаружено присутствие единичных зерен минералов - спутников алмаза - бледно-сиреневого пиропа с показателем преломления $1,758-1,770$, хромшпинелида, пикроильменита, а также мелких округло-пластинчатых золотин. По данным спектрохимических и нейтронно-активационных анализов, все базальные гравелиты характеризуются повышенной (до десятых долей грамма на тонну) золотоносностью.

Несомненно, что этапу формирования раннеюдомской коры выветривания предшествовала перестройка тектонической структуры региона, в процессе которой в северной части Билиро-Уджинского поднятия на поверхность были выведены дорифейские магматические образования (кислые эффузивы, гранитоиды) и метаморфические породы. На выступе дорифейского основания сформировалась мощная площадная кора выветривания, что обусловило накопление в верхних частях разреза высокоустойчивых минеральных компонентов - титанистых минералов, циркона, а также золота.

Раннеюдомская кора выветривания Билиро-Уджинского поднятия одновозрастна позднедокембрийской коре выветривания Алтае-Саянской бокситоносной провинции, где расположено известное Боксонское месторождение алюминиевых руд. Этим и объясняется особая актуальность исследований вещественного состава осадочных пород раннеюдомского стратиграфического уровня.

Предкембрийские коры выветривания установлены на породах старореченской свиты на Анабарском поднятии, туркутской свиты на Куойкско-Далдынском блоковом выступе и хорватекской свиты на западном крыле Чекуровского антиклинория (левобережье р.Лены). Во всех этих пунктах коры выветривания перекрыты пачкой нижнекембрийских карбонатных пород с терригенными слоями в основании. Характерными чертами предкембрийской коры выветривания являются: гидрослодистый с каолинитом (реже с хлоритом) состав; наличие в подошве коры карста; незначительная мощность (до 2-3м); широкое распространение продуктов перетложения и развитие сульфатов как в остаточной коре выветривания, так и в перетложенных продуктах.

ВЫВОДЫ

1. На северо-востоке Сибирской платформы распространены разновозрастные докембрийские коры выветривания, наиболее высокой степени зрелости среди которых характеризуются среднепротерозойская (предрифейская) и позднепротерозойская (предюдомская) коры, имеющие металлогеническую специализацию на высокоглиноземистое сырье, золото и, возможно, алмазы.

2. Анализ вещественного состава перетложенных продуктов позднедокембрийских кор выветривания позволяет заключить, что эпохам корообразования в докембрии постоянно предшествовали перестройки структурного плана региона с воздыманием отдельных блоков, сложенных породами кристаллического фундамента.

3. Степень зрелости корообразовательных процессов определялась тремя

факторами: амплитудой воздымания выступов, составом пород субстрата и климатическими условиями.

Л и т е р а т у р а

И в а н о в Г.И. Древняя кора выветривания на кристаллических породах в бассейне р.Котуйкан (западный склон Анабарского поднятия).—"Геология и геофизика", 1964, № 2, с.140-144.

Л у т ц Б.Г. Петрология гранулитовой фации Анабарского массива. М., "Наука", 1964.124с.

С м и р н о в Л.П. Древние коры выветривания на кристаллических породах Анабарского щита.-"Уч.зап.НИИГА. Регион.геол.," 1965, вып.5, с.16-19.

Ф о р м о з о в а Л.Н. Формационные типы железных руд докембрия и их эволюция. М., "Наука", 1973, 172с.

Ш а м ш и н а Э.А., Н и к и ш о в а Л.В. Древние коры выветривания на юго-восточном склоне Анабарского поднятия. - В кн.: Материалы по литологии Сибири (Труды СНИИГТИМС, вып.127). Новосибирск, 1971, с.29-33.

Ш а п о в а л о в а И.Г., Ш п у н т Б.Р., Ш а м ш и н а Э.А. Выделение новой свиты в рифее Уджинского авлакогена. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Якутии. Якутск, 1974, с.8-9.

Ш п у н т Б.Р., К а ш и р ц е в В.А., О д и н ц о в а В.М. Литолого-геохимическая характеристика нижнепротерозойских метаморфизованных пород северо-востока Сибирской платформы. - В кн.: Литология и осадочные полезные ископаемые докембрия Сибири и Дальнего Востока. (Мат.УШ совещания Сибирского отделения комиссии по осадочным породам при отделении геологии, геохимии и геофизики АН СССР). Новосибирск, 1973, с.85-90.

Ш п у н т Б.Р., Н у ж н о в С.В. О нижнем протерозое северо-востока Сибирской платформы.-"Сов.геология", 1973, № 12, с.144-147.

Ш п у н т Б.Р. О докембрийском возрасте россыпного золота на севере Сибирской платформы. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Якутии. Якутск, 1974, с.14-17.

ОБ АПАТИТОНОСНОСТИ ПРОТЕРОЗОЙСКОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ АЛДАНЕ

Изучение докембрийских кор выветривания в Восточной Сибири представляет интерес прежде всего потому, что с ними во многих местах связаны месторождения полезных ископаемых. В частности, на Центральном Алдане недавно было обнаружено Селигдарское апатитовое месторождение, скорее всего, раннепротерозойского возраста. По рудной толще в дождомское время (по-видимому, в среднем-позднем протерозое) образовалась кора выветривания остаточного-перемещенного типа, обогащенная апатитом.

Апатитоносность на Центральном Алдане сосредоточена в полосе северо-восточного простирания шириной 15–20 м и длиной 80 км, протягивающейся от верховьев р. Селигдар до нижнего течения р. Б. Нимыр (рис. 1А). В структурном отношении эта полоса представляет зону региональной трещиноватости и разрывов и контролирует оруденение. При этом, как показали проведенные исследования, наиболее богатые рудопоявления приурочены к доломитам, залегающим в небольших тектонических грабенах и клиньях на пересечении этой полосы разломов и трещиноватости с разрывами северо-западного простирания. Вмещающими апатитовую руду породами являются докембрийские доломитовые образования, граниты и сиениты. Рудные тела представляют собой вкрапленные и лиззообразные оруденелые зоны и послойные метасоматические залежи в доломитах, реже кальцифирах. Оруденение имеет, таким образом, гидротермально-метасоматическое метаморфогенное происхождение. Большинство рудных тел сформировалось в результате выщелачивания из архейских толщ рассеянного фосфатного вещества или регенерации архейских проявлений апатита осадочно-метаморфического генезиса и последующего перестроения P_2O_5 , а также F, Fe, SiO_2 и редких земель на более высоких уровнях докембрийского комплекса в трещинах и литологически благоприятных породах. Этот процесс, по-видимому, имел место в основном в раннем-среднем протерозое, на заключительных стадиях докембрийских тектонических движений, в условиях полушлатформенного орогена, жестко реагировавшего на тектонические движения.

На месторождении Селигдар апатитовое оруденение сосредоточено главным образом в доломитах, по-видимому, протерозойского возраста, залегающих в небольшом тектоническом грабене, ограниченном разломами северо-восточного и северо-западного простирания (рис. 1Б). Протерозойский, а не архейский возраст рассматриваемых пород принимается нами на том основании, что они слабо метаморфизованы, не подвержены процессам гранитизации, имеют большую мощ-

ность (более 400м), что не характерно для карбонатных горизонтов архейских свит, и что они, наконец, содержат в верхней части толщи внутриформационные линзы (?) апатито-кварцевых осадочных брекчий, гравелитов и песчаников (рис.2). С другой стороны, отсутствие оруденения в перекрывающих рудную толщу терригенно-карбонатных отложениях идомской серии нижнего кембрия, а также присутствие в базальных слоях гальки доломитов с кварцем и апатитом и самого апатита, несомненно, свидетельствуют о докембрийском возрасте оруденения. В парагенезисе с апатитом в доломитах установлены кварц, гематит, мартит и флюгит. Апатит распределен неравномерно (среднее содержание P_2O_5 в руде составляет 6%), но в верхней части рудной толщи под кровлей идомских пород и вблизи поверхности (зона современного окисления) установлено увеличение содержания P_2O_5 до 10% и более.

Проведенные нами исследования показали, что самая верхняя часть рудной толщи мощностью от нескольких метров до 20м является древней (докембрийской) корой выветривания остаточного и перемещенного типа (см.рис.2). Она сложена апатит-хлоритовыми, апатит-каолинитовыми, реже кварц-гематит-апатитовыми породами. Из-за того что структура этих пород обычно обломочная и брекчиевидная, некоторые геологи относили их к базальным слоям идомской серии. О неправомерности этих представлений свидетельствует то, что идомские терригенные отложения в качестве обломков содержат значительное количество полевых шпатов, а образования коры выветривания - в основном апатит, кварц, флюгит и доломит, т.е. состав их идентичен составу доломитовой толщи и обломочных пород верхней части ее разреза. Следует отметить также, что кристаллы апатита зачастую не несут на себе никаких следов перемыва и, следовательно, являются остаточными, сохранившимися *in situ* в процессе выщелачивания доломитов. С глубиной кора выветривания через слабо выветрелые трещиноватые апатит-доломитовые породы переходит в массивные руды. Возраст коры - докембрийский, о чем свидетельствуют ее повсеместно "подъёмское" положение, минералогический состав обломков ее перемещенной части и присутствие редких обломков коры выветривания в базальных слоях идомских песчаников.

Обычно кора выветривания представлена апатитовыми гравелито-брекчиями или песчаниками, имеющими обломочную псефо-брекчиевую или псаммитовую структуру; характерные текстуры - массивная, кавернозная, участками слабо сцементированная. Пористость пород нередко значительная. Обломки представлены слабо окатанными кристаллами апатита, кварц-апатитовыми брекчиями, апатит-каолинитовыми, хлорит-мартитовыми породами, доломитами. Степень сортировки материала (если она вообще имела место) незначительная. Среди этих образований встречаются участки с остаточной (неперемитой) корой выветривания, представленные хлорит-апатитовыми или серицит-каолинит-апатитовыми породами. Связующая апатит масса (а также цемент в обломочных образованиях) состоит из хлорита, каолинита, кварца, лимонита или гематита, реже - из кальцита, монтмориллонита и гидрослюда. Местами в цементе присутствуют гипс, перестроенный мелкокристаллический "вторичный" апатит типа франколита и аутигенный зеленый турмалин (последний обычно тяготеет к выделениям серицита).

Интересно отметить, что кварц и каолинит местами образуют сростания, весьма

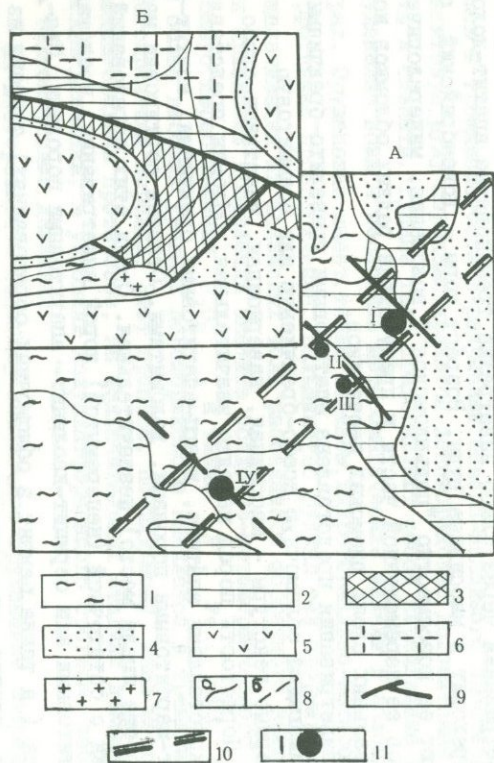


Рис. 1. Геологическая схема апатитовых проявлений "селигдарского" типа на Центральном Алдане (А) и геологическая карта месторождения Селигдар (Б)

Метаморфические породы иенгрской серии: 1 - верхнеалданская свита; 2 - фелюровская свита; 3 - апатит-доломитовые породы нижнего протерозоя (?); 4 - нижний кембрий (юдомская серия); 5 - сиенит-порфиры (силл) мезозоя; 6 - граниты раннепротерозойские (?); 7 - лейкократовые аплиты мезозойские (?); 8 - геологические

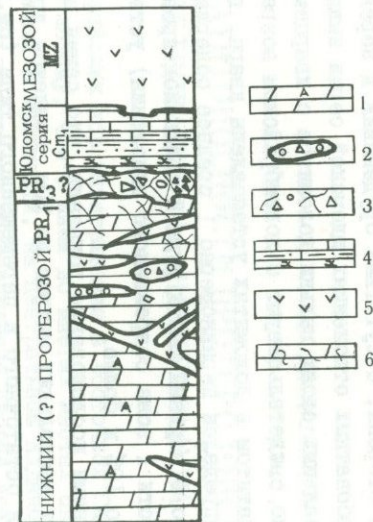


Рис. 2. Геологическая колонка месторождения Селигдар

1 - апатит-доломитовые породы нижнего протерозоя (?); 2 - линзы песчаников, гравелитов и осадочных брекчий; 3 - образования коры выветривания позднепротерозойского (?) возраста; 4 - юдомская серия; 5 - сиенит-порфиры, эпилейзитовые порфиры мезозоя; 6 - трещиноватые

похожие на раскристаллизованные гели.

Хлорит, судя по данным рентгеновских исследований, является магнезиаль-но-железистым. Для него характерна приблизительно одинаковая интенсивность базальных отражений: (001) и (003).

Формирование докембрийской коры выветривания, по-видимому, происходило в кислой среде, на что указывают процессы сильного выщелачивания доломита, процессы переотложения апатита и присутствие в цементе значительных количеств каолинита. При формировании коры происходило почти полное выщелачивание доломита. При этом наиболее подвижными были CaO и MgO . Высвободившийся MgO , соединяясь с FeO , Al_2O_3 , SiO_2 , образовывал хлорит. Фосфор в целом оставался инертным, так как сколько-нибудь значительного переотложения апатита не происходило. В результате, как уже было отмечено выше, остаточные породы обогащались фосфором.

Если при этом учесть значительное уменьшение содержания магния, играющего в апатитовых рудах роль вредной примеси, и текстурно-структурные преобразования, приводившие к увеличению пористости и ослаблению цементации породы, можно сделать вывод, что образования кор выветривания обогащаются значительно легче, чем неизмененные более бедные руды. Это не только особый генетический тип апатитовых руд, но и наиболее ценный для промышленности вид апатитового сырья. Отчетливое стратиграфическое положение коры выветривания, ее в целом неглубокое залегание, значительная протяженность зоны апатитизации и наличие значительных площадей распространения идомских отложений (именно на них могут быть обнаружены реликтовые коры выветривания) позволяют сделать вывод о перспективности этого типа оруденения на Центральном Алдане.

ДОКЕМБРИЙСКИЕ ПЕНЕПЛЕНЫ И КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ УРАЛА

Едва ли не первым из тех, кто предугадал важное геологическое значение докембрийских пенеппленов и кор выветривания, был А. Д. Архангельский. Он утверждал, что эпохи складчатости и создания горных хребтов разделялись в докембрии длительными периодами их разрушения и превращения горных систем в почти-равнины. Продуктом химического выветривания при этом иногда являлись горные породы, дающие необычное сочетание кварцитов с силлиманитовыми и графитовыми гнейсами (Архангельский, 1948).

Идеи А. Д. Архангельского перекликаются с почти одновременными высказываниями М. Жиньё (1952), который, в частности, указывал, что красные песчаники ютния, вероятно, континентальные и образовались в то время, когда Балтийский щит был сглажен до состояния пенепплена.

Изучение разрезов докембрийских отложений показывает, что в допалеозойской истории Урала неоднократно существовали тектоно-климатические эпохи, благоприятные для формирования пенеппленов и кор выветривания. Обычно эти эпохи совпадали с продолжительными континентальными перерывами (рис. 1), приуроченными к границам крупных седиментационных циклов (серий). Наличие перерывов фиксируется несогласным налеганием отложений более молодых серий на размытую поверхность более древних, присутствием остаточных кор выветривания и осадочных образований формации коры выветривания в основании разреза каждой серии.

В раннем архее, по данным Н. М. Страхова (1963), вещество атмосферы и гидросферы представляло смешанную парогазовую массу, состоящую из паров воды и кислых дымов HCl , HF , H_2S , NH_3 , CO , CH_4 и др. Такой состав и высокая температура делали эту массу очень агрессивной, способной полностью разрушать любые горные породы. Однако глубокое проникновение выветривания в земную оболочку стало возможным лишь при снижении температуры ниже 100°C , с образованием воды, способной глубоко проникать в грунт и циркулировать в нем. Это произошло, по ориентировочным подсчетам, 4–4,5 млрд. лет тому назад. Только с этого момента началось формирование мощных кор выветривания и значительных масс осадочных образований, давших начало грауваккам, а в дальнейшем гнейсам и кристаллическим сланцам архейского возраста.

На Урале, судя по последним данным (Обвинников и др., 1969), архей предс-

твляет тараташский комплекс с его железистыми кварцитами и глиноземистыми кристаллическими сланцами^{х)}.

В атмосфере протерозоя почти полностью исчезает аммиак, метан и другие активные реагенты и на несколько десятков градусов понижается температура. В результате полное химическое разложение горных пород сменяется обычным выветриванием, основным процессом которого являлся гидролиз.

Появление около 3 млрд. лет назад в результате жизнедеятельности простейших организмов свободного кислорода имело большие последствия, ибо привело к существенному ограничению миграции железа, марганца, ванадия и др., образовавшихся трудно растворимые гидраты окисей.

Почти миллиард лет отделяет уральский рифей от архея, представленного тараташским комплексом. В силу эволюции атмосферы в миграции и дифференциации химических элементов доминирующую роль начинают играть определенные геологические эпохи — эпохи интенсивного химического выветривания. Поскольку климат для этого выветривания в рифее был преимущественно благоприятным, размещение эпох выветривания во времени определялось главным образом тектоническими факторами. На Урале в рифее проявились три главные эпохи химического выветривания: а) среднедокембрийская, отвечающая перерыву между тараташским комплексом и айской свитой и приходящаяся на интервал от 2700 до 1700 млн. лет; б) среднерифейская — предзигальгинская с верхним пределом возраста около 1400 млн. лет; в) позднерифейская — предзильмердакская с верхним пределом возраста около 1050 млн. лет (рис.1).

Предайский перерыв был особенно длительным. В течение его состав атмосферы и гидросферы значительно изменился в сторону приближения к условиям обычного кислородного выветривания. Продукты выветривания этого возраста наблюдаются в зонах несогласного налегания кварцевых песчаников и конгломератов липовской подсвиты айской свиты позднего протерозоя на породах архейского тараташского комплекса. Примером такого налегания может служить разрез, вскрытый рядом скважин на западном обрамлении Тараташского выступа (рис.2).

Здесь кварцевые конгломерты липовской подсвиты налегают на размытую поверхность мигматизированных амфиболитов, магнетитовых кварцитов тараташского комплекса. Верхняя часть этих пород несет на себе явные следы гипергенной переработки. При этом мигматизированные амфиболиты переходят в коричневато-сиреневые кварцево-серицитовые сланцы, а магнетитовые кварциты — в мартитовые кварциты. Переходы постепенные, с реликтами первичных пород в промежуточных зонах. Микроскопическое изучение мартитизированных кварцитов показывает, что зерна мартита развивались по первичным зернам магнетита. При этом наблюдаются все стадии замещения. Мартитовый состав новообразований подтверждается результатами химического анализа, который показал, что породы содержат 50,25% Fe_2O_3 и только 2,57% FeO.

Изучение кварцево-серицитовых сланцев, образовавшихся за счет изменения

х) Ранее их относили к протерозою. — Прим. автора.

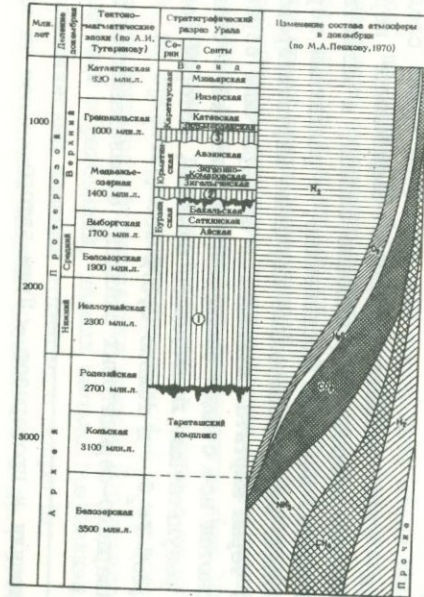


Рис. 1. Эпохи пенепленизации и корообразования докембрия Урала: 1 - прелдзильмерцакая, 2 - предзигальгинская, 3 - предзильмерцакая

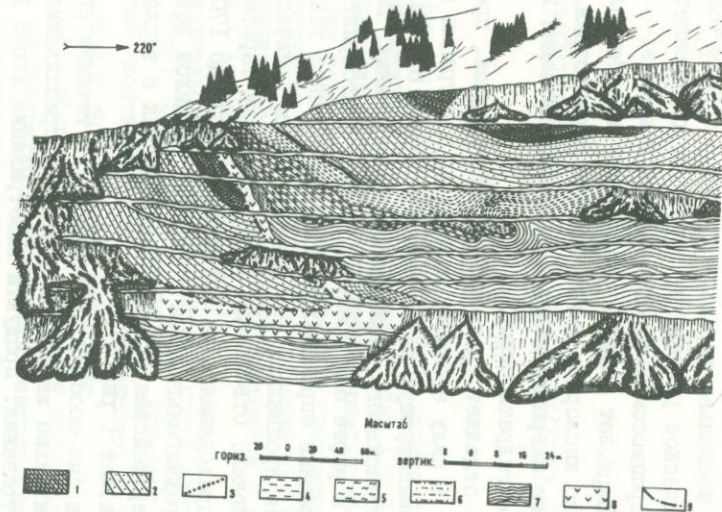


Рис. 2. Геологическая позиция подзигальгинской коры выветривания (зарисовка юго-восточной стенки Ново-Бакальского железорудного карьера)

1 - темно-серые тонкозернистые кварциты (верхняя подсвита зигальгинской свиты); 2 - светло-серые среднезернистые кварциты (нижняя подсвита зигальгинской свиты); 3 - кварцевые конгломераты (верхний горизонт коры выветривания пород верхнебакальской подсвиты); 4 - светло-зеленые и белые серицитовые сланцы (нижняя зона коры выветривания пород верхнебакальской подсвиты); 5 - зеленые, участками обохренные серицитовые сланцы (верхнебакальская подсвита); 6 - темно-зеленовато-серые слабоизмененные серицитовые сланцы (верхнебакальская подсвита); 7 - переслаивание темно-серых и черных серицитовых сланцев и кварцевых алевролитов (верхнебакальская подсвита); 8 - габбро-диабазы; 9 - линии тектонических нарушений

мигматизированных амфиболитов и габбро, показало, что визуально переход от неизменных пород к продуктам выветривания выражается в уменьшении зернистости породы, увеличении количества серицита и хлорита и замещения ими первичных минералов, а также в изменении окраски породы — в переходе с серых тонов на вишнево-коричневые. Исследование этих пород под микроскопом, проведенное по скважине № II2, расположенной несколько севернее изображенного на рис.2 профиля, показало, что темноватые минералы (пироксены и антофиллит) переходят сначала в гидроматит, бурый биотит и темно-зеленый гидрохлорит первой генерации. Два последних минерала переходят в светло-голубой гидрохлорит второй генерации, который, в свою очередь, переходит в гидросерицит и кварц.

Основные плагиоклазы переходят в альбит и сосюрит, переходящие, в свою очередь, в гидросерицит и кварц. Таким образом, конечными продуктами являются гидрогетит, гидросерицит и кварц. Качественное и количественное изменение минералогического состава пород по профилю коры выветривания в скважине № II2 показано на рис.3.

Такое выветривание совместно с пенеппенизацией рельефа предшествовало отложению бурзянской серии рифея. За счет преадакской коры выветривания образовались, в частности, мономиктовые осадки в виде кварцитов и кварцевых конгломератов айской свиты. Присутствие наряду с этими породами аркозов отличает айскую свиту от зигальгинской свиты, а относительная бедность титановыми минералами — от зильмердакской свиты (см. ниже).

Следующая эпоха пенеппенизации предшествовала отложению осадков юрматинской серии. Синхронные ей коры выветривания вскрыты рядом железорудных карьеров в Бакальском районе. Коры выветривания развиты по темно-серым и черным серицитовым сланцам верхнебакальской подсвиты и перекрываются кварцевыми конгломератами и песчаниками зигальгинской свиты. Характерные взаимоотношения продуктов выветривания с вмещающими породами демонстрирует разрез, вскрытый в юго-восточном борту Ново-Бакальского железорудного карьера (рис.4). Продукты коры выветривания встречены в случаях, когда сохранился непосредственный контакт бакальской свиты с залегающими на ней с разрывом породами зигальгинской свиты.

В Ново-Бакальском карьере разрез коры выветривания начинается со слабого осветления черных и темно-серых сланцев бакальской свиты. Вверх по разрезу осветление усиливается и вышеописанные породы переходят в зеленовато-серые кварцево-гидросерицитовые сланцы с более высокой степенью рассланцованности. По плоскостям отдельностей наблюдается довольно сильное обоживание сланцев. Еще выше по разрезу осветление пород продолжает усиливаться и они становятся светло-серыми. Одновременно породы приобретают почти вертикально ориентированную отдельность и сланцеватость.

Несколько иной характер разреза коры выветривания наблюдается в западном борту Центрального карьера рудника им.ОПУ. Взаимоотношения с вмещающими породами продуктов коры выветривания здесь такие же, как и в предыдущем случае. Нижние горизонты коры выветривания здесь представлены фишашково-зелеными кварцево-гидросерицитовыми сланцами; выше они постепенно переходят в неизменные черные сланцы бакальской свиты. Вверх по разрезу последние

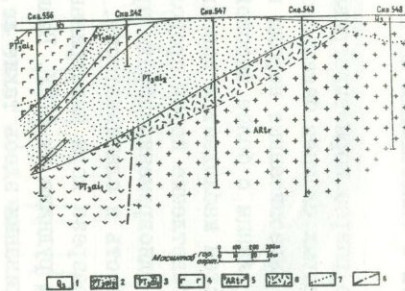


Рис. 3. Геологический разрез западной части Тараташского выступа

1 – бурые супеси и суглинки (верхний плейстоцен); 2 – переслаивание кварцевых и аркозовых песчаников с кварцево-кварцитовыми конгломератами (липовская подсвита айской свиты); 3 – диабазовые порфириты (амигдалоидные) и их туфы (навышская подсвита айской свиты); 4 – дайки габбро-диабазов; 5 – мигматизированные амфиболиты, сподистые гнейсы и магнетитовые кварциты (тараташский комплекс); 6 – серицитизированные и гематитизированные гнейсы, гематитовые (мартитовые) кварциты (подайская кора выветривания); 7 – нижняя граница распространения мезозойско-кайнозойской коры выветривания; 8 – линии тектонических нарушений

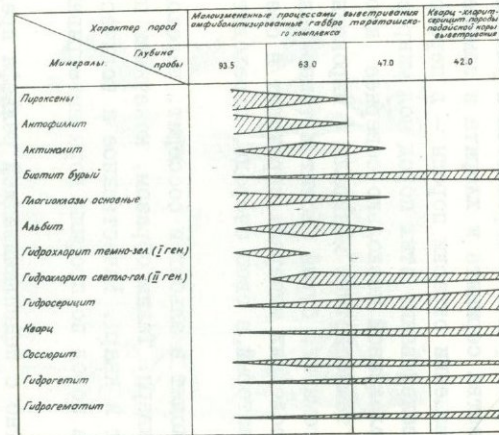


Рис. 4. Изменение минералогического состава подайской коры выветривания и пород тараташского комплекса в скважине № 112

постепенно переходят в вишнево-красные сланцы, а те, в свою очередь, в светло-зеленовато-серые сланцы, венчающие разрез коры выветривания (общая мощность которой достигает 60м). Изучение продуктов коры выветривания обоих описанных выше типов разрезов позволило выявить изменение структуры пород вверх по разрезу коры выветривания. Горизонтальная слоистость, свойственная осадочным образованиям бакальской свиты, постепенно исчезает, что указывает на перераспределение материала в коре выветривания. Изучение фракции 10 микрон, выделенной из продуктов коры выветривания термическим и рентгено-структурными методами, а также при помощи электронного микроскопа, показывает, что фракция 10 микрон состоит из гидросерпичита и кварца с небольшой примесью иллита.

Полнота и интенсивность происшедшего в ту эпоху химического выветривания повлияла на состав пород базальной зигальгинской свиты, которая почти нацело лишена аркозов и характеризуется низким содержанием титановых минералов.

Обогащение титаном отмечается выше по разрезу в осадках уреньгинской (аналог нерасчлененных зигазино-комаровской и авзянской) и кувашской свит^{х)} (см. таблицу).

Содержание титановых минералов по протолочке, кг/т

Минералы	Свиты		
	Зигальгинская	Уреньгинская	Кувашская
Рутил, анатаз	0,07	0,14	3,1
Ильменит	0,002	11,4	-
Лейкоксен	0,03	-	-
Сфен	0,002	-	4,9
Итого минералов	0,104	11,54	8,0
Число протолочек	39	19	9

Столь резкое возрастание титаносодержания осадков уреньгинской и кувашской свит (а также зильмердакской) по сравнению с зигальгинской и айской свитами, очевидно, не случайно. Причины этого явления следует искать в связи с рифейс-

^{х)} Кувашская свита всеми исследователями рассматривается как аналог зигальгинской и помещается ниже уреньгинской свиты. - Прим. ред.

ким магматизмом.

Перерыв между среднерифейской юрматинской и позднерифейской каратауской сериями отмечен небольшим проявлением интрузивной деятельности (дайки диабазов) и последующими за этим пенеппенизацией и корообразованием. Наличие магматических коренных источников титановых минералов, пенеппенизация и перемык значительных масс коры выветривания обусловили существенное обогащение зильмердакской свиты титановыми минералами. Эта свита характерна наличием аркозов наряду с кварцитами; налицо и маркирующая пигментация гематитом. Содержание титановых минералов значительно.

Особого рассмотрения заслуживает проблема аркозов. Некоторые исследователи придают в этом вопросе большое значение аридности климата, однако одними климатическими условиями появление аркозов не объяснить.

Липовская подсвита айской свиты и зильмердакская свита являются существенно аркозовыми. Нижняя бирьяновская подсвита зильмердакской свиты особенно богата аркозами и одновременно наиболее обогащена шлихом и титановыми минералами. Примесь полевых шпатов в аркозовых песчаниках составляет от 10–20 до 50%, а микропегматита, микропертита и т.п. – от 3–10 до 20%. В вышележащей нугушской подсвите полевых шпатов меньше, уже только 10–15%. Следующие выше по разрезу лемезинская и бедерышинская подсвиты содержат только кварциты и кварцито-песчаники и практически лишены аркозов; они и беднее шлихом. При образовании зильмердакской свиты тектонические поднятия суши были настолько значительными, что в сферу размыва попала не только кора выветривания, но и подстилающие малоизмененные породы, в том числе породы, содержащие много полевых шпатов. За счет размыва больших объемов коры выветривания свита была обогащена шлихом. При концентрации его в аркозах нижней бирьяновской подсвиты возник "запрещенный" парагенезис устойчивых к выветриванию титановых минералов с мало устойчивыми полевыми шпатами. Относительно кратковременная транспортировка и быстрое захоронение не позволили полевым шпатам разложиться при переносе, тогда как менее устойчивые к выветриванию амфиболы, широксенны и другие темноцветные компоненты претерпели в тех же условиях полное разложение и в аркозах практически отсутствуют. По мере затухания энергии рельефа на первый план вновь выходят агенты корообразования, в связи с чем уже ко времени формирования лемезинской подсвиты в разрезе исчезают полевые шпаты и образуются почти мономинеральные кварцевые песчаники; они же продолжали накапливаться и в осадках бедерышинской подсвиты.

Иначе дело обстоит при образовании зигальгинской свиты: тектонические подвижки были относительно слабыми, а корообразование – мощным и интенсивным. Кора выветривания не была прорезана эрозией до основания, и аркозов не образовалось.

Судя по развитию мономиктовых кварцитов, менее всего от размыва пострадал предзигальгинский пенеппен и, следовательно, именно здесь имеется наибольшая вероятность обнаружить его фрагменты с остаточной корой выветривания повышенной мощности. Продуктов, чуждых коре выветривания, больше всего в зильмердакской свите. Поскольку зильмердакский пенеппен области питания был наиболее тектонически деформирован, а эрозия здесь проявилась наиболее зна-

чительно, предзильмердакская кора выветривания, вероятно, во многих местах оказалась уничтожена. Предайская кора выветривания в этом отношении занимает, видимо, промежуточное положение между предзигальгинской и предзильмердакскими корами.

Л и т е р а т у р а

Архангельский А.Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. Т.П. Госгеолгиздат, 1948. 372с.

Жинь Ю. М. Стратиграфическая геология. М., ИЛ, 1952. 638с.

Овчинников Л.Н. и др. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала. - В кн.: Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. Т.1, Свердловск, 1969, с.87-97.

Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат, 1963. 535с.

ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

В строении докембрия Средней Азии участвуют пять крупных историко-геологических комплексов, характеризующихся разной мощностью, различными особенностями литолого-петрографического состава, тектоники, регионального метаморфизма, различной формационной сущностью первичных исходных образований, за счет которых возникли архейский, нижнепротерозойский, среднепротерозойский, рифейский и вендский метаморфические комплексы.

Эти историко-геологические комплексы разделены регионально выдержанными несогласиями, отмечающими эпохи тектоно-магматической деятельности и регионального метаморфизма, которые, в соответствии с недавно опубликованной А.В.Сидоренко и В.М.Чайкой геохронологической схемой размещения поверхностей выравнивания и кор выветривания в докембрии, установлены на щитах всех континентов земного шара (Сидоренко, Чайка, 1970) и характеризуются, следовательно, глобальным проявлением.

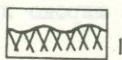
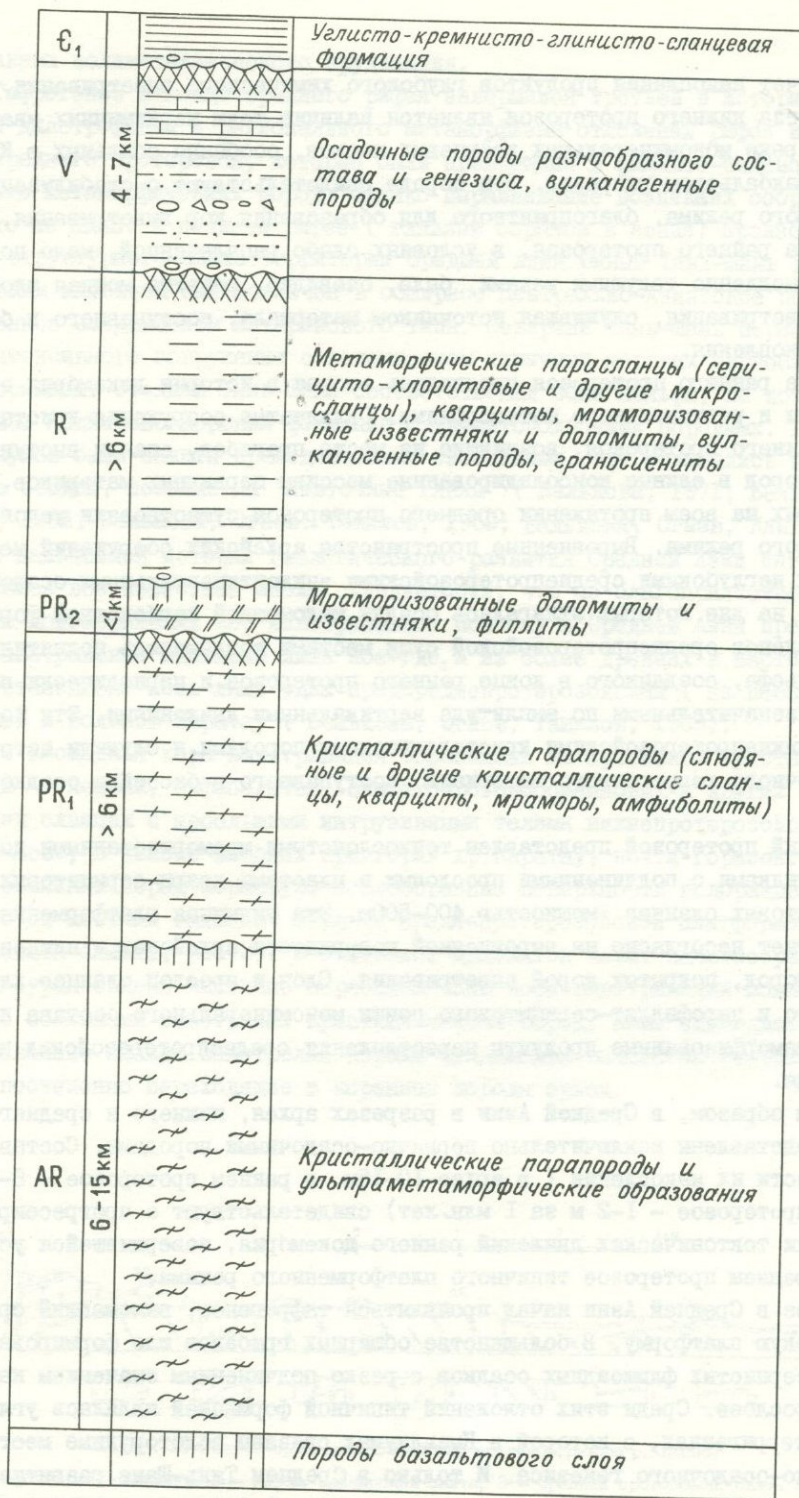
Формационный анализ первичных отложений докембрия Средней Азии приводит к заключению о существовании здесь докембрийских кор выветривания, продукты размыва которых имели большое значение в формировании разреза докембрия. Сами коры почти не сохранились или остаются пока не выявленными (рис.1).

Формации первичных исходных образований архея можно характеризовать как терригенно-карбонатные и терригенно-обломочные с ритмичным строением. Хемогенные образования представлены карбонатными, кремнистыми, высокоглиноземистыми осадками. Однако основную (по мощности) массу осадков составляли песчаники, алевролиты, глины и мергели.

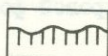
Обстановку архейского осадконакопления можно охарактеризовать как мелкоморье с плоскими выступами суши и малыми скоростями дифференцированных движений на фоне медленного погружения областей седиментации и ритмичных с незначительными амплитудами поднятий областей сноса.

На плоской с периодически обновлявшимся рельефом поверхности областей сноса архейской эры, сложенных базальтами, по мере смыва рыхлых приповерхностных продуктов выветривания шло непрерывное форсирование площадной коры выветривания.

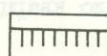
Нижний протерозой Средней Азии представлен существенно кварцитами, слюдяно-кварцевыми сланцами, карбонатными породами, амфиболитами и углисто-железисто-кварцевыми породами, с которыми связаны осадочные железные руды. Литологический состав исходных отложений свидетельствует о том, что они образо-



1



2



3

Рис. 1. Размещение поверхностей выравнивания и кор выветривания в докембрии Средней Азии

согласие и установленная кора выветривания; 2 - несогласие и предполагаемая кора выветривания; 3 - предполагаемая кора выветривания

вались за счет накопления продуктов глубокого химического выветривания. Своеобразием разреза нижнего протерозоя является наличие толщ неритмичных кварцево-глинистых, реже мономинеральных кварцевых песков, особенно обильных в Куруктагском и Макбальском разрезах. Эти породы свидетельствуют о стабилизации тектонического режима, благоприятного для образования кор выветривания. В областях сноса раннего протерозоя, в условиях слабо расчлененной, мало подвижной суши с медленно текущими реками, была, очевидно, развита мощная площадная кора выветривания, служившая источником материала, поступавшего в бассейны осадконакопления.

В конце раннего протерозоя проявилась вторая в истории докембрия эпоха складчатости и регионального метаморфизма. Складчатые сооружения кристаллических толщ нижнего протерозоя, возникшие на месте прогибов, спаяли выступы архейских пород в единые консолидированные массивы первичных материков, в пределах которых на всем протяжении среднего протерозоя существовали условия платформенного режима. Выровненные пространства архейских сооружений местами были заняты неглубокими среднепротерозойскими эпиконтинентальными осадочными бассейнами, на дне которых отлагались осадки маломощной карбонатной формации. Среди пенепленов среднепротерозойской суши местами воздымались поднятия — реликты рельефа, созданного в конце раннего протерозоя и периодически подновлявшегося незначительными по амплитуде вертикальными движениями. Эти поднятия, сложенные нижнепротерозойскими кристаллическими породами, и служили источниками мелкообломочного терригенного материала, поступавшего в бассейны осадконакопления.

Средний протерозой представлен тонкослоистыми мраморизованными доломитами и известняками с подчиненными прослоями и пластами кварц-серицитовых и кварц-хлоритовых сланцев мощностью 400–500 м. Эта типичная платформенная формация залегает несогласно на выровненной поверхности архейских и нижнепротерозойских пород, покрытых корой выветривания. Слои и прослои сланцев хлоритосерицитового и пиррофиллит-серицитового почти мономинерального состава представляют метаморфизованные продукты переотложения среднепротерозойских кор выветривания.

Таким образом, в Средней Азии в разрезах архея, нижнего и среднего протерозоя представлены исключительно первично-осадочными породами. Состав осадков и скорости их накопления (в архее — 10–15 м, в раннем протерозое — 6–8 м, в среднем протерозое — 1–2 м за 1 млн. лет) свидетельствуют о прогрессирующей стабилизации тектонических движений раннего докембрия, завершившейся установлением в среднем протерозое типичного платформенного режима.

В рифее в Средней Азии начал проявляться тафрогенез, взломавший среднепротерозойскую платформу. В большинстве обширных грабенов шло формирование толщ мелкозернистых флишеидных осадков с резко подчиненным значением карбонатных прослоев. Среди этих отложений типичной формацией являлась углисто-кремнисто-терригенная, с которой в Кызылкумах связаны золоторудные месторождения первично-осадочного генезиса. И только в Среднем Тянь-Шане развитие шло по иному пути — здесь впервые в докембрии Средней Азии появились мощные эффузивы, давшие начало кварц-кератофировой формации с широко проявленными

признаками полиметаллического оруденения.

Тафrogenез в конце среднего рифея завершился третьей в истории докембрия эпохой диастрофизма и регионального метаморфизма отложений рифея и подстилающего среднего протерозоя, которые были превращены в филлитно-зеленосланцевый комплекс метаморфических пород. Однако выравнивание возникших сооружений завершено не было. В позднем рифее (главным образом в венде) произошла перестройка структурного плана территории Средней Азии. Южный Тянь-Шань вместе с Таримским массивом был вовлечен в обширное Центрально-Азиатское поднятие, охваченное оледенением материкового типа. Северный Тянь-Шань перешел в стадию интенсивного погружения с накоплением типичных морских эвгеосинклинальных формаций. Средний Тянь-Шань соответствовал зоне шельфа, на котором отлагалась ледниково-морская формация с тиллитоподобными породами. Впадины Кызылкумов были заняты приледниковыми бассейнами, где отлагались песчано-глинистые осадки, похожие на "ленточные глины" (Белькова, 1971; Белькова, Огнев, 1964; Белькова, Огнев, Тащилов, 1969; Белькова, Огнев, Кангро, 1972).

В дальнейшей истории геологического развития Средней Азии интенсивно проявились все известные эпохи складчатости, что не благоприятствовало сохранению докембрийских кор выветривания. Поэтому в Средней Азии предвендские коры выветривания выявлены лишь кое-где, а из более древних к настоящему времени установлена пока лишь одна предсреднепротерозойская (на Бессазском участке) в Большом Каратау (Белькова, Огнев, Тащилов, 1969).

Эта площадная кора выветривания образована на архейских кристаллических породах - гнейсах, амфиболитах, биотито-роговообманковых и других кристаллических сланцах с небольшими интрузивными телами нижнепротерозойских габброидов. Здесь, в полосе высоких предгорий хр. Каратау, почти горизонтальный срез архейских пород формирует столообразные поверхности водораздельных гряд, на которых местами залегают останцы среднепротерозойской платформенной формации (свита алмалы, рис. 2). В основании доломитов лежит пластообразная неструктурная бурая залежь частично переотложенной коры выветривания мощностью 2-5 м с обломками выветрелых кристаллических пород. Ниже наблюдаются метаморфизованные сильно выветрелые породы фундамента мощностью 10-15 м и более, книзу постепенно переходящие в коренные породы архея.

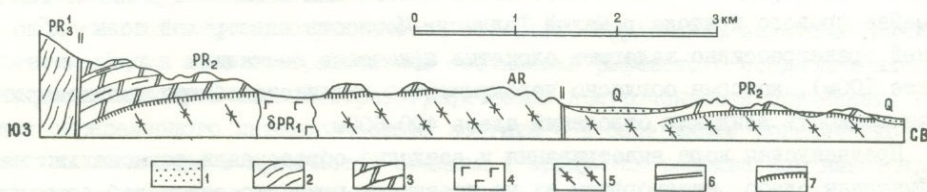


Рис. 2. Разрез предгорий Б.Каратау по левобережью р.Алмалы

- 1 - четвертичные отложения; 2 - рифей, кайнарская свита; 3 - средний протерозой, свита алмалы; 4 - габброиды нижнего протерозоя; 5 - архей, бессазская свита; 6 - разломы; 7 - кора выветривания

При весьма простом залегании доломитовой свиты алмалы, изучение ее разреза, особенно в нижней части, включая древнюю кору выветривания, сильно затруднено из-за наличия делювия, который в виде плотной брекчии покрывает почти сплошным чехлом коренные породы свиты (доломиты и содержащиеся в них прослои серицитовых и серицито-хлоритовых сланцев), спускаясь шлейфом и на архейский фундамент. Природные условия не способствовали сохранению полных обнажений коры выветривания и свиты алмалы.

Прилегающая с севера предгорная равнина в полосе шириной более 5 км сложена также архейскими образованиями и покрывающей их свитой алмалы. Эта полоса, опущенная относительно предгорий по разлому, сверху прикрыта пролювиальным шлейфом. Северная граница блока фундамента четко очерчена в результате геофизических исследований. Среди шлейфа пролювия ближе к предгорьям выступают невысокие холмы, сложенные свитой алмалы, образующей очень пологие складки или лежащей почти горизонтально. В ряде мест выступают самые низы свиты и кора выветривания; под пролювием, вероятно, выходят и архейские породы.

Кора выветривания вместе с покрывающей ее свитой алмалы регионально метаморфизирована (филлитно-зеленосланцевая ступень метаморфизма).

В профиле коры выветривания обнаруживается зональность. Неизмененные кристаллические породы фундамента постепенно переходят в выветрелые породы зоны дезинтеграции — дресву, которая выше сменяется метаморфизованными продуктами нижней части зоны глинистых минералов. Судя по кварц-серицитовому и кварц-серицито-хлоритовому составу зоны глинистых минералов, в первичном составе зоны существенную роль играли, по-видимому, гидрослюдистые минералы (гидромусковит, гидробиотит, гидрофлогопит и др.), монтмориллонит, каолинит, а также реликтовый кварц. Зона полуторных окислов размыта и переотложена, но, судя по переотложенным продуктам, в ее составе существенное значение имели гидроокислы железа, каолинит, кварц. Местами, на участках, сложенных меланократовыми амфиболитами и основными интрузиями, наблюдаются породы существенно хлоритового состава; это позволяет предположить, что зона глинистых минералов имела здесь существенно гидрохлорит-монтмориллонитовый состав.

В других районах Средней Азии предсреднепротерозойская кора выветривания не выявлена.

Из более молодых кор выветривания изучена предвендская площадная кора выветривания, развитая на рифейских граносиенитах в бассейне р. Сарыджас (восточная часть Среднего Тянь-Шаня). Она выявлена как в главной долине, так и в бассейне правого притока р. Малой Талдысу. Мощность выветрелой зоны около 50 м, на ней трансгрессивно залегают слоистые аркозовые песчаники и гравелиты (более 100 м), которые согласно перекрываются тиллитоподобными конгломератами; общая мощность вендских отложений здесь 400–600 м.

Предвендская кора выветривания и вендские образования регионально метаморфизованы слабо, метаморфизм их не превышает глинисто-сланцевой ступени. Вследствие этого кора имеет тот же облик, что и коры палеозоя, и характеризуется гидрослюдисто-каолинитовым профилем.

В зоне дезинтеграции граниты и граносиениты разбиты трещинами, выполнен-

ными тонкочешуйчатыми гидрослюдистыми минералами и каолинитом; глинистые минералы заполняют и межгранулярные пространства. Эти гранитоидные породы легко разрушаются при ударе.

В зоне глинистых минералов породы имеют светлую, белую или почти белую кремоватую и желтоватую окраску, они довольно легко рассыпаются при растирании в руках. Среди светлой породы наблюдаются бурные участки с гидроокислами железа. Текстурно-структурные особенности первичных пород обычно сохраняются вследствие псевдоморфного замещения первичных минералов глинистыми.

В западной части Киргизского хребта по долинам Овва и Курганташ (бассейн р.Кенкол) кора выветривания наблюдается на рифейских парапородах кенкольской серии, под несогласно налегающей спилитовой свитой венда. Обнаженность коры слабая, мощность ее составляет несколько метров. Состав рифейских пород разнообразный: переслаивающиеся кварциты, мраморизованные известняки, филлиты. Состав коры изучен слабо; при крутых залеганиях контакта (50–60°) площадь ее выходов невелика, хотя по простиранию она прослеживается на несколько километров.

Коры выветривания позднего протерозоя, аналогичные описанным, вероятно, могут быть обнаружены и в других районах Тянь-Шаня.

Анализ первичных формаций докембрийских толщ Средней Азии приводит нас к выводу о том, что в образовании всех комплексов и содержащихся в них полезных ископаемых большое значение имели продукты размыва кор выветривания.

Особенно наглядным примером в этом отношении служит рифейский комплекс Кызылкумов и Южного Тянь-Шаня, сложенный углисто-кремнисто-терригенной формацией, с которой связано золотое оруденение. Литологические и другие особенности этой золотоносной формации свидетельствуют о том, что она возникла за счет размыва кор выветривания, развивавшихся на архейских и нижнепротерозойских кристаллических породах, слагавших в рифее области сноса (Кассан, Юго-Западный Гиссар, Каратегин и др.). Источником золота Мурунтау и других районов Кызылкумов и Южного Тянь-Шаня явились именно эти толщи, а не рудокосные гидротермы, связанные с палеозойскими гранитами, как то считают некоторые исследователи. В свою очередь, в архейских толщах золото, как и железо, имело первично-осадочное происхождение, связанное с размывом кор выветривания, образованных на базальтовом слое.

Органическое вещество рифейской формации способствовало осаждению золота, железа и других элементов.

Региональная распространенность коренного оруденения золота в рифейских толщах и анализ палеогеографической обстановки рифейского осадконакопления приводят к выводу о четкой стратиграфической приуроченности оруденения к породам определенного литологического состава – к содержащим органическое вещество глинистым и кремнистым осадкам (продуктам размыва кор выветривания), за счет которых в результате регионального метаморфизма образовались золотоносные углистые разновидности серицито-хлоритовых сланцев и микрокварцитов рифея (Белькова, Огнев, 1971).

В итоге можно сказать, что в складчатой области Средней Азии экзогенные процессы играли ведущую роль в формировании докембрийских толщ и содержащихся в них полезных ископаемых – золота, железа, меди и др.

Л и т е р а т у р а

Б е л ь к о в а Л.Н. Докембрий Тянь-Шаня. Автореферат диссерт.на соиск.уч.степ.докт.геол.-минер.наук.Л., ЛГУ, 1971. 40с.

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н. Древние толщи Северного Тянь-Шаня. М., "Недра", 1964. 136с.

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н., Т а щ и л о в А.Ф. Докембрий Среднего Тянь-Шаня. М., "Недра", 1969. 142с.

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н. О возрасте и генезисе золотого оруденения Мурунтау.-"Докл. АН СССР", 1971, 197, №6, с.1383-1386.

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н., К а н г р о О.Г. Докембрий Южного Тянь-Шаня и Кызылкумов. М., "Недра", 1972. 132с.

С и д о р е н к о А.В., Ч а й к а В.М. Значение кор выветривания и денудационных поверхностей выравнивания в истории докембрия.- В кн.: Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород.М., "Наука", 1970, с.5-29.

Б.М.МИХАЙЛОВ.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРГЕННОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

Горные породы, попадая в зону воздействия гипергенных процессов, во всех случаях подвергаются химическому и физико-химическому преобразованию. Возникающая при этом кора выветривания является закономерным следствием нахождения пород в зоне гипергенеза. Продолжительность, интенсивность и характер гипергенных процессов определяют степень дифференциации вещества материнских пород и возникающих при этом промышленных концентраций полезных компонентов. В конечном счете не важно, происходила ли дифференциация вещества непосредственно в элювии (в корях выветривания) либо при его переносе и седиментации. Важно, происходила ли она вообще (на том или ином промежутке геологической истории Земли). При анализе размещения известных промышленных месторождений гипергенных полезных ископаемых в осадочном покрове Земли отчетливо устанавливается приуроченность их к строго определенным стратиграфическим интервалам – рудогенным эпохам. Последние, как правило, совпадают с эпохами мощного химического выветривания (в частном случае – с эпохами корообразования), охватывают крупные отрезки геологического времени (до периода включительно) и локализуются в пределах обширных регионов (Урал, Средняя Азия и др.).

Следует особо подчеркнуть, что в рудогенные эпохи интенсивному химическому преобразованию подвергаются не только материнские породы, но и все формирующиеся континентальные осадки (пролювий, делювий, аллювий) в процессе их передвижения и седиментации. Возникает комплекс интенсивно выветрелых ("зрелых", по В.П.Казаринову) пород – "формация коры выветривания" (Казаринов, 1955), "гипергенный покров" (Михайлов, 1971).

Только эпохи мощного химического гипергенного преобразования осадков (а не отдельные спорадически встречающиеся проявления древнего выветривания в виде маломощных слабо химически дифференцированных кор) оказывают влияние на состав формирующихся осадочных пород региона и, главное, на его экзогенную металлогению, определяя возникновение бокситоносных, марганцеосных, железорудных осадочных формаций, формации россыпей и др.

Специфические особенности гипергенеза конкретных эпох определяют тип, строение и состав рудоносных формаций. В процессе хорошо прослеживаемой эволюции гипергенеза в истории Земли происходит закономерная смена одних типов рудоносных формаций другими (см. рисунок).

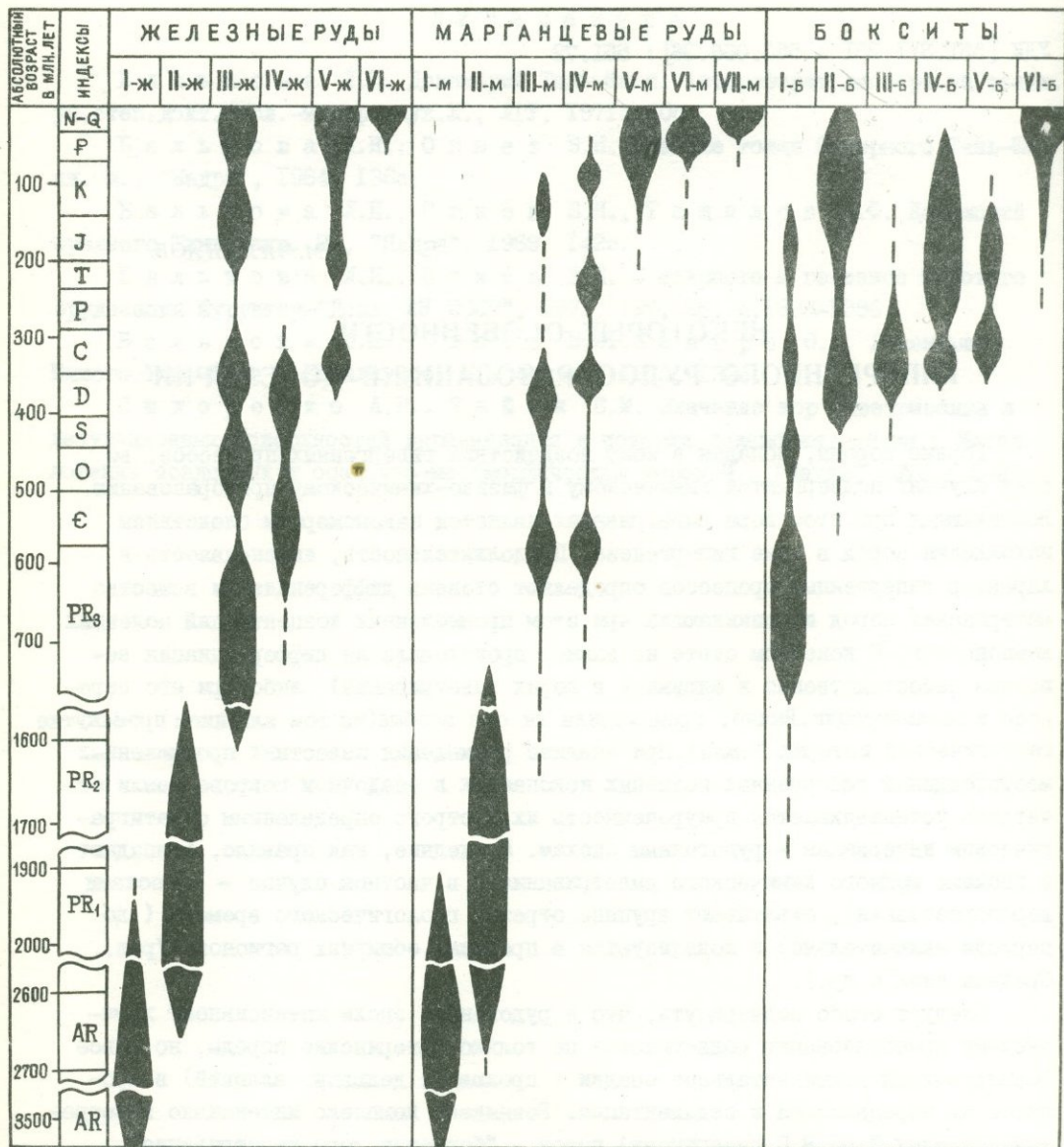


Схема эволюции рудоносных формаций в истории Земли

Железосные формации: I-ж - глубоко метаморфизованные вулканогенно-кремнистые; II-ж - известково-сланцево-кремнистые, итабиритовые; III-ж - оолитовые; IV-ж - железисто-сланцевая; V-ж - латеритная, VI-ж - гематит-магнетитовых россыпей.

Марганценозные формации: I-м - гондитовая; II-м - браунит-гондитовая; III-м - эффузивно-кремнистые; V-м - известняково-песчано-глинистые; VI-м - латеритная; VII-м - железо-марганцевых конкреций.

Бокситоносные формации: I-б - субкарбонатные; II-б - карбонатные; III-б - сублатеритные; IV-б - терригенные пестроцветные; V-б - терригенные углистые; VI-б - латеритные

Как следует из приводимого рисунка, рудоносные формации алюминия, железа, марганца, заключающие промышленные месторождения остаточного (латеритного) типа, известны лишь начиная с девона. Количественный анализ запасов этих месторождений показывает, что в истории Земли наблюдается пульсационный прогрессивный рост количества месторождений, начиная от древних эпох к более молодым. Наибольшее количество промышленных месторождений сосредоточено в корях выветривания молодой олигоцен-четвертичной эпохи корообразования, широко проявившейся в современном тропическом поясе Земли. Именно к этой эпохе приурочено более 80% известных промышленных запасов бокситов. Огромные запасы богатых железных и марганцевых руд сосредоточены в олигоцен-четвертичных корях выветривания на докембрийских железистых кварцитах и гондитах и в настоящее время являются основной базой черной металлургии большинства зарубежных стран. Никелевая промышленность ряда государств также полностью базируется на месторождениях кор выветривания олигоцен-четвертичного возраста.

По мере перехода к корам выветривания более древних эпох наблюдается резкое сокращение рудоносности алувия. В корях выветривания нижнего палеозоя и докембрия пока что не известно ни одного промышленного месторождения. Подавляющее большинство исследователей докембрия связывает это, с одной стороны, с деградацией и размывом древних рудоносных кор выветривания и, с другой стороны, с неполнотой наших знаний о составе пород докембрия (Сидоренко, 1973 и др.). Н.М.Страхов, рассматривая проблему докембрийских бокситов, отмечал: "Бокситообразование в докембрии было много интенсивнее, чем в верхнем палеозое, мезозое и кайнозое". По его мнению, бокситовые месторождения этого времени не известны только лишь по причине неполноты наших знаний о геологии докембрия. Именно в докембрии "... может быть сделано много неожиданных новых находок" (Страхов, 1962). В доказательство столь ответственного вывода Н.М.Страхов приводит факты наличия мощных накоплений в отложениях докембрия железа и марганца, т.е. двух членов выделенной им генетически единой "рудной триады" $Al - Fe - Mn$.

Прежде чем перейти к обоснованию своей точки зрения, противоположной высказываниям Н.М.Страхова, А.В.Сидоренко и других известных исследователей докембрийского рудогенеза, кратко осветим основные, не вызывающие споров, особенности сред осадконакопления в докембрии. Таковыми являются: 1) отсутствие на докембрийских континентах растительности, 2) особый геотермический режим (более высокие температуры), 3) резко повышенное содержание в атмосфере докембрия углекислого газа и соответственно более кислый состав поверхностных вод, 4) широкое развитие на континентах пород кислого ряда: гранитоидов, кристаллических сланцев и др., 5) большое влияние вулканизма на процессы осадконакопления.

Отсутствие на докембрийских континентах растительности. Как отмечал А.В.Сидоренко, "главным фактором изменения осадочной оболочки Земли за геологическую историю было живое вещество..." (Сидоренко, 1972). И действительно, обладая огромными запасами легко высвобождающейся энергии, живое вещество резко увеличивает

скорости гидролиза пород, переноса и концентрации отдельных элементов, а подчас и принципиально меняет направленность гипергенных процессов. Это особенно касается поливалентных порообразующих элементов — железа и марганца. Поэтому практически полное отсутствие жизни на континентах не могло не сказаться на характере докембрийского гипергенеза.

Одной из особенностей докембрия и раннего палеозоя, связанных с отсутствием органической жизни в областях корообразования, является высокая стабильность калия. Как известно, калий — один из самых необходимых элементов для жизнедеятельности растительного покрова. В золе растений он обычно присутствует в количествах до 10–15%. Интенсивное поглощение калия растениями приводит к его извлечению из выветривающейся породы и последующему рассеянию в бассейнах осадконакопления. Если калий длительное время не поступает в почвенные горизонты (в составе вулканической и алюмосиликатной пыли с грунтовыми водами, а в настоящее время — с минеральными удобрениями), поверхность практически лишается растительного покрова.

В докембрийском и раннепалеозойском гипергенном покрове калий повсеместно накапливался в первично-глинистых осадках, превращенных затем в серицитовые, серицит-хлоритовые и прочие сланцы. Постоянное присутствие калия при существенно углекислой анионной части вод должно было создавать щелочную реакцию среды и не допускать формирования "кислой" каолиновой, а тем более латеритной зон, столь характерных для молодых мезозойских и кайнозойских элювиальных образований.

Другим следствием отсутствия растительности являлся дефицит влаги на континентах (осадки выпадали главным образом на побережьях). Это обстоятельство в свою очередь обуславливало резкое колебание атмосферного давления и соответственно более энергичную, нежели в современный период, подвижность воздушных масс. Ветровая эрозия в протерозое и раннем палеозое являлась одним из основных факторов площадной денудации внутренних районов континентов. Дефицитом влаги объясняются также случаи появления в разрезах докембрия "признаков галоидного седиментогенеза" (Негруца В., Негруца Т., 1975).

Предполагаемая некоторыми исследователями возможность существования на континентах бактериальной жизни, по существу, не меняет сделанных выводов.

Таким образом, следует согласиться, что в условиях отсутствия органической жизни на континентах мало вероятно развитие мощных кор химического выветривания вообще, а латеритных тем более.

В л и я н и е г е о т е р м и ч е с к о г о р е ж и м а . Для современных кор выветривания характерны температуры в пределах от 0 до 30°. Эти колебания температур не сопоставимы с колебаниями, имеющими место при гидротермальной деятельности. Но именно в таком, казалось бы, небольшом диапазоне температур происходят качественные и количественные изменения поведения большинства химических элементов. При 0° замедляется вода — основной агент выветривания и практически, как следствие этого, перестают идти реакции гидратации и гидролиза. В первой половине диапазона колебаний температур располагается "биологический нуль" большинства живых организмов и прекращается активная деятельность растительности. Скорость химических

реакций во много раз возрастает и некоторые из них меняют свое качественное выражение. При возрастании температуры повышается E_h , что приводит к более быстрому окислению органического вещества; увеличивается степень диссоциации воды. Так, при повышении температуры от $+10$ до $+50^\circ$ степень диссоциации возрастает в 50 раз. Соответственно понижается pH и резко усиливается гидролитическое воздействие воды — отсюда увеличение скорости процессов выветривания. В тропиках, например, по данным Е. Раманна, скорость выветривания в 20 раз выше, чем в умеренных широтах.

Таким образом, геотермический режим докембрия должен был обуславливать более интенсивное выщелачивание пород на поверхности и переход их в рыхлые глинистые образования.

Высокое содержание углекислого газа в атмосфере еще более усиливало процесс "подкисления" как поверхностных континентальных, так и океанских вод, щелочной резерв которых определялся главным образом этим показателем. Поверхностные воды, будучи более агрессивными, повышали общую растворимость всех породообразующих элементов и обуславливали большую стабильность их коллоидных растворов.

В докембрии не было условий для фиксации продуктов гидролиза на поверхности; последние по мере возникновения переносились временными потоками в области аккумуляции, не образуя на континентах сколько-нибудь мощных скоплений (кор выветривания). При этом алюминий, поступая в водные бассейны совместно с кремнием, мог оседать на дно только в виде глинистого осадка алюмосиликатного состава. Лишь в диагенезе была возможна частичная сегрегация глинозема с образованием глиноземистых конкреций. В то же время повышенные концентрации могли создавать высвободившиеся избыточный кремний (на суше) и поливалентные железо и марганец (в морских бассейнах).

Таким образом, характерными особенностями докембрийского гипергенеза, связанными с более высокими температурами и резко повышенным содержанием углекислого газа в атмосфере, являлись интенсивный гидролиз алюмосиликатов и площадной смыв его продуктов в бассейны осадконакопления. Естественно, ни о каком процессе природного разделения в таких условиях алюминия и кремния, процессе, который сопровождался бы образованием латеритных покровов, не может быть и речи.

Этот вывод находится в противоречии с широко распространенным в литературе мнением о наличии среди докембрийских образований латеритных покровов и мощных кор химического выветривания. В работах многих исследователей содержатся некорректные, по мнению автора, положения, на которых основывается выделение "мощных докембрийских кор химического выветривания". Среди этих положений отнесение к эловию залегающих на гранитном основании кварцсерицитовых сланцев (Соколов, Хейсканен, 1966; Корякин, 1975 и др.) и кварцитов (Додатко и др., 1972), выделение кор выветривания на основании изучения состава осадочных продуктов (Гарифулин, 1975; Любцов, Предовский, 1975 и др.), широкое использование метода актуализма при интерпретации результатов химических анализов (Попов, Семейкин и др., 1973; Головенко, 1973 и др.). Некоторые исследователи (например, Скляров, Хромцов, 1972 и

др.), ссылаясь на присутствие в верхнепротерозойских отложениях высокоглиноземистых пород, делают вывод о широком развитии в окружающих районах бокситоносных латеритных кор выветривания (!).

Характерный профиль докембрийской (предьятулийской) " коры выветривания", наблюдавшийся нами на "бараньих лбах" в районе Петрозаводска и неоднократно описанный в литературе (см., например, Корякин, 1975), имеет следующее строение. На слабо измененных гранитах залегает горизонт (мощностью до 1м) гранитных обломков и глыб до 0,5м в поперечнике, погруженных в кварц-серицитовую массу. Обломки также частично серицитизированы. Выше следуют кварц-серицитовые и серицитовые сланцы видимой мощностью до 2м. Очевидно, что серицитовые сланцы характеризуются меньшими по сравнению с гранитами количествами кремния, магния, кальция, натрия и более высокими содержаниями алюминия и калия. Поскольку серицитовые сланцы залегают не непосредственно на гранитах (между ними расположен базальный горизонт, состоящий из механической смеси двух типов пород), то, естественно, наблюдается химически постепенный переход одной породы в другую. Но правомочно ли объяснять этот переход процессом "глубокого химического выветривания пород" и интерпретировать кварц-серицитовые сланцы как элювий гранитов?

Наблюдаемое химическое преобразование вещества в зоне гипергенеза в докембрии может (и должно) быть интерпретировано, по мнению автора, как результат процессов гидролиза, интенсивно протекавших не в "мощных корах химического выветривания", а на путях передвижения вещества и в областях его аккумуляции, т.е. в обстановках, в которых не могло происходить природное разделение кремния и алюминия с образованием промышленных концентраций последнего из этих элементов и возникновением латеритных покровов.

Широкое развитие на континентах пород кислого состава. Рассматриваемый этап развития Земли следовал непосредственно за этапом широкого распространения процессов гранитизации, создавших на континентах обширные поля гранитоидов, пронизанных многочисленными кварцевыми жилами. Как механическое, так и химическое разрушение этого субстрата в любых обстановках должно было приводить к образованию гравийно-песчаных существенно кварцевых пород и глин с большим или меньшим количеством щелочей. Одна лишь механическая дифференциация (с частичным гидролизом алюмосиликатов) могла определить возникновение, с одной стороны, большого количества грубозернистых существенно кварцевых пород и, с другой стороны, тонкодисперсных глинистых (алюмосиликатных). Содержание глинозема в последних в зависимости от степени механической дифференциации и гидролиза тонкодисперсного вещества могло колебаться от 10-20 до 30-35%, а после их метаморфизма и удаления конституционной воды - до 35-40%.

В связи с агрессивным составом вод количество щелочей в породах кислого состава должно было быть несколько пониженным по сравнению с аналогичными образованиями более молодого возраста. Именно такие содержания глинозема и щелочей наблюдаются в так называемых " высокоглиноземистых породах" докембрия. Очевидно, связывать эти образования с размывом " мощных кор хими-

ческого выветривания", как это делают многие исследователи (В.К.Головенко, Р.Я.Скляр и др.), нет никаких оснований.

Влияние вулканизма на формирование докембрийского гипергенного покрова следует рассматривать главным образом в плане возникновения специфических локальных физико-химических сред. Вынос гидротермами на поверхность больших количеств сильно минерализованных ультракислых (либо ультращелочных) вод мог резко повышать агрессивность грунтовых растворов, что в свою очередь приводило к частичному или даже полному изменению характера гипергенеза (см. работы Н.М.Страхова по вопросу вулканогенно-осадочного типа литогенеза).

Итоги краткого рассмотрения некоторых особенностей докембрийского и раннепалеозойского гипергенеза определенно свидетельствуют о необходимости весьма осторожного использования принципа актуализма при оценке перспектив рудоносности древних толщ. В первую очередь это касается цитированных в начале доклада оптимистических высказываний Н.М.Страхова о высоких перспективах докембрия на бокситы.

Принципиальная невозможность природного разделения алюминия и кремния в областях развития алюмосиликатных пород докембрийских континентов исключает обнаружение не только латеритных, но и непосредственно связанных с ними осадочных месторождений бокситов. Единственно допустимым процессом концентрации глинозема может быть возникновение глиноземистых диагенетических конкреций в глинистых щелочных илах восстановительного характера, где возможна высокая степень подвижности породообразующих элементов. Подобные образования диаметром до 1 м известны в докембрии Патомского нагорья. Недавно более крупные (до 5-12 м) диагенетические конкреции диаспор-хлоритовидного состава обнаружены также в углисто-глинисто-карбонатных отложениях верхнего девона Карской структуры на Полярном Урале. Процесс формирования диагенетических конкреций принципиально отличен от латеритообразования и не мог привести к возникновению промышленных месторождений бокситов с запасами в десятки и сотни миллионов тонн.

Тем не менее все же правомерно поставить вопрос: можно ли вообще представить себе существование в докембрии и раннем палеозое фациальных обстановок, благоприятных для природного разделения кремния и алюминия с возникновением промышленных концентраций последнего? Да, можно. Они существовали на сложенных карбонатными породами (доломитами, известняками) изолированных стабильных участках земной поверхности (островах), достаточно удаленных от материков либо расположенных с их подветренной стороны. В такой обстановке агрессивность вод по отношению к алюминию, связанная с повышенной кислотностью, не была столь велика, как на континентах. Процесс гидролиза тонкодисперсной алюмосиликатной пыли, заносимой ветром, либо выпадавшей из атмосферы совместно с дождем, мог сопровождаться выносом кремния, щелочных земель и щелочей, а остаточный материал, представленный в основном глиноземом и железом, собираясь в западинах, формировал залежи бокситов.

Подобные обстановки могли возникать и на участках суши, сложенных вулканогенно-карбонатными толщами. Если размыв алюмосиликатного материала не "заглушал" процесса химического преобразования осадка, то продукты гиперге-

неза на карбонатном субстрате также могли участвовать в формировании бокситоносных разрезов.

Накопление глиноземного материала в докембрии и раннем палеозое могло происходить также и вблизи островной суши на морских мелководьях, отшнурованных от основных океанских бассейнов, т.е. на площадях акваторий с резким дефицитом кремния при постоянном подтоке глиноземистых растворов. Правда, в общей своей массе такие осадки неминуемо "засорялись" кремнием и при литификации образовывали аллиты либо низкокачественные бокситы. Примеры реализации рассмотренного выше процесса в областях прибрежно-морского карбонатообразования известны в природе (например, Боксонское месторождение PR_3).

Второй теоретически возможный путь возникновения рудных концентраций глинозема мог быть связан с поствулканическими процессами выноса ультракислыми (либо ультращелочными?) водами значительных количеств глинозема и выпадения его в зоне резких изменений pH. Подобные обстановки могли реализоваться например, в изолированных депрессиях на карбонатном субстрате при разгрузке в них богатых глиноземом ультракислых гидротерм либо при слиянии термальных вод, полярных по своим щелочно-кислотным свойствам. Правда, ветровая эрозия, интенсивно проявлявшаяся на материках, должна была "заглушать", а в ряде случаев просто не допускать формирования бокситовых залежей на континенте. Во всяком случае, образований, возникших в подобных обстановках, до сих пор не обнаружено.

Особенности докембрийского гипергенеза определяли и своеобразие обстановок накопления железа и марганца. Все докембрийские первично-осадочные месторождения железных руд являются бедными по содержанию металла и нигде не используются без предварительного обогащения. Что касается докембрийских марганцевых месторождений, то кроме низких содержаний металла они характеризуются и весьма неблагоприятным существенно силикатным минеральным составом руд; промышленных (эксплуатируемых) месторождений марганца этого возраста не известно. Богатые руды железа (более 55% Fe) и марганца (более 40% Mn) образуются в латеритных корах выветривания на докембрийских железистых кварцитах и гондитах. Поскольку латеритных кор выветривания в докембрии и раннем палеозое не существовало, то эту (большую) часть разреза осадочной оболочки Земли следует признать бесперспективной на выявление богатых руд марганца и железа, возникших путем только экзогенной дифференциации вещества.

Для докембрийского этапа развития Земли характерен свой особый, не связанный с гипергенезом, тип дифференциации вещества, приводивший к возникновению богатых промышленных концентраций многих полезных компонентов. Это эндогенно-метасоматическое и магматогенное рудообразование, подчиняющееся иным законам (Белевцев, 1975; Жданов, Малкова, 1974 и др.).

Л и т е р а т у р а

Б е л е в ц е в Я.Н. Основы научного прогноза рудных месторождений в докембрии. - В кн.: Металлогения докембрия. ВСЕГЕИ, 1975.

Г а р и ф у л и н Л.Л. Высокоглиноземистые образования в конгломератах Кольского полуострова, как показатель докембрийских кор выветривания. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Г о л о в е н о к В.К. Об использовании химического состава сланцев для восстановления исходных глинистых отложений при изучении метаморфических толщ. - "Литол. и полезн. ископ.", 1973, № 1.

Д а в и т а ш в и л и Л.Ш. Эволюция условий накопления горючих ископаемых в связи с развитием органического мира. М., "Наука", 1971.

Д о д а т к о А.Д., К у х а р е в а Н.И., С е м е р г е е в а Е.А. Новые данные о древней метаморфизованной коре выветривания магматических пород Саксаганского района Кривбасса. - "Изв. АН СССР, серия геол.", 1972, № 5.

Ж д а н о в В.В., М а л к о в а Т.П. Железорудные месторождения зон региональной базификации. - "Тр. ВСЕГЕИ, нов. серия", 208, 1974.

К а з а р и н о в В.П. Континентальные осадочные формации Западной Сибири. - В кн.: Мат. Новосибирск. конф. по изуч. геол. формаций, т. I, Новосибирск, 1955.

К о р я к и н А.С. Критерии диагностики метаморфизованных кор выветривания (на примере Центральной Карелии). - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

Л ю б ц о в В.В., П р е д о в с к и й А.А. Состав осадков кильдинской серии верхнего архея Кольского полуострова как показатель наличия предшествующих кор выветривания. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

М и х а й л о в Б.М. Бокситоносные формации молодых платформ. Автореферат диссерт. на соискан. учен. степ. докт. геол.-минер. наук. Л., ВСЕГЕИ, 1971.

Н е г р у ц а В.З., Н е г р у ц а Т.Ф. Докембрийские коры выветривания Балтийского щита. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. М., ВИЭМС, 1975.

П о п о в Ю.Г., С е м е й к и н И.Н. и др. Эпохи химического выветривания и перспективы бокситоносности докембрийских отложений юга Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. - В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. М., 1973.

С и д о р е н к о А.В. Некоторые научные и практические вопросы современной литологии. - "Литол. и полезн. ископ.", 1972, № 6.

С и д о р е н к о А.В. Осадочная геология докембрия, состояние и задачи. В кн.: Литология и осадочная геология докембрия. М., 1973.

С к л я р о в Р.Я., Х р о м ц о в М.В. К оценке перспектив бокситоносности юго-восточной части Сибирской платформы. - "Сов. геология", 1972, № 7.

С о к о л о в В.А., Х е й с к а н е н К.И. Геолого-литологическая характеристика протерозойских (ятулийских) кор выветривания в Карелии. - В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. I. М., "Недра", 1966.

С т р а х о в Н.М. Основы теории литогенеза. Часть 2. М., Изд-во АН СССР, 1962.

ПРОБЛЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ КОР ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ В СКЛАДЧАТЫХ СИСТЕМАХ КАЗАХСТАНА И СРЕДНЕЙ АЗИИ

Известно, что под корой выветривания в широком смысле понимают комплекс горных пород, возникших в верхней части литосферы в результате преобразования в континентальных условиях магматических, осадочных и метаморфических пород под влиянием различных факторов выветривания. Формирование коры выветривания происходит преимущественно в зоне аэрации и просачивания; ниже этой границы кора формируется только при особо благоприятных обстоятельствах для фильтрации на глубину поверхностных вод, в частности по зонам дробления или по контактам пород различного состава. Процессы физического и химического выветривания протекают обычно в тесной взаимосвязи, с преобладанием одних над другими в зависимости от той или иной физико-географической обстановки.

В истории геологического развития Земли выделяют несколько эпох корообразования. Для фанерозоя это делается довольно уверенно, а для протерозоя, как правило, предположительно, поскольку протерозойские коры химического выветривания сильно метаморфизованы, и их первичные структурно-текстурные особенности и исходный минеральный состав существенно или полностью изменены. Для выявления и изучения этих кор требуется применение особых методов. Наиболее сложны для изучения древние коры химического выветривания, но именно они и представляют большой интерес в теоретическом и практическом отношении, так как часто являются месторождением и источником многих полезных ископаемых. На это обстоятельство неоднократно указывал академик А.В.Сидоренко (1961, 1963), по инициативе которого в марте 1975г. был проведен Всесоюзный семинар по докембрийским корам выветривания и связанным с ними полезным ископаемым.

При выявлении метаморфизованных кор вообще, и химических в особенности, всякий раз в результате комплексных исследований должна быть основательно доказана достоверность их существования. С той же тщательностью должен быть определен и возраст пород, подвергшихся метаморфизму. Все это имеет исключительное значение для общих выводов по истории геологического развития земной коры и формирования в ней месторождений полезных ископаемых.

Однако на практике, к сожалению, приходится сталкиваться с несколько иным отношением к этой сложной проблеме. Так, например, исследователи, изучающие докембрийские образования и выделяющие среди них коры выветривания, часто объясняют существование (Адышев и др., 1967; Белькова, Отнев, 1975;

Максумова, 1973) только "элювиальных остатков" за счет уничтожения всех остаточных продуктов химического выветривания в процессе размыва и переотложения. Во-первых, при выветривании горных пород для образования, накопления и сохранения элювия требуются особо благоприятные физико-географические условия, и в первую очередь наличие сильно выровненной поверхности, сохранявшейся в течение очень продолжительного отрезка времени (ибо даже незначительные изменения ее приводили бы к перемещению и изменению сформировавшегося элювия). Во-вторых, из переотложенных продуктов коры выветривания должны были бы формироваться песчано-глинистые отложения, непременно содержащие следы глубокого химического преобразования горных пород, сформировавшихся до этого. Однако в составе "элювиальных остатков" древних кор химического выветривания не всегда наблюдаются такие химически зрелые породы, что уже само по себе вызывает сомнение в правильности заключения. К этому следует добавить еще одно обстоятельство, отмечаемое В.К. Головенком (1975): "Особую сложность представляет изучение метаморфизованных кор химического выветривания. В них, в отличие от кор физического выветривания, нет контрастных грубообломочных элювиально-делювиальных образований, а степень химического изменения материнских пород ослабевает к низам разреза постепенно". Это значит, что, говоря об "элювиальных остатках" древней коры химического выветривания, необходимо всякий раз доказать их связь с таковой и показать, что эти образования не являются остаточными продуктами обычного физического (механического) разрушения первичных пород. При этом не следует забывать, что в корах химического выветривания осадочных пород зональность выражена не четко и не всегда в разрезе имеются все четыре основные геохимические зоны (Гинзбург, 1963).

Наиболее сложным, как нам представляется, является выделение древних кор химического выветривания в областях докембрийских складчатых систем, что можно наглядно проиллюстрировать на примере территорий Казахстана и Средней Азии. Это объясняется их сложным строением, обилием разрывных нарушений, широким развитием надвигов, неясностью взаимоотношений многих древних толщ, а также трудностью точного определения их возраста. Кроме того, выделение докембрийских кор химического выветривания сильно осложняется широким распространением на докембрийских породах остатков мезозойско-кайнозойских кор химического выветривания и линейных кор выветривания различного возраста.

Так, Л.Н. Бельковой и В.Н. Огневым (1975) в предгорьях хр. Б. Каратау выделяется "древнейшая кора выветривания в Средней Азии", имеющая, по их представлениям, предсреднепротерозойский возраст и сформировавшаяся на архейских кристаллических парапородах бессазской свиты. Почти горизонтальный срез архейских пород формирует столообразные поверхности водораздельных гряд, на которых кое-где выступают останцы среднепротерозойских доломитов. В основании доломитов эти исследователи установили пластообразную неструктурную розоватобурую залежь частично переотложенной коры выветривания мощностью 2-5 м с обломками выветрелых кристаллических пород. Ниже залегает элювий из сильно выветрелых пород, постепенно переходящий в коренные породы архея. Мощность этой зоны порядка 10-15 м и более. "Полных обнажений коры выветривания и доломитовой свиты нигде нет; доступны изучению лишь редкие, изолированные не-

большие выходы тех или иных пород" (Белькова, Огнев, 1975).

В описываемом участке во всех останцах светло-серых доломитов отчетливо видны брекчии, приуроченные обычно к нижней части останцов. При этом некоторые останцы разбиты трещинами на части, вдоль которых доломиты превращены в брекчию. Поверхности таких трещин слабо наклонены по отношению к эродированной поверхности подстилающих пород темно-серого, почти черного цвета. В ряде мест в породах, залегающих под доломитами, также отчетливо проявлена брекчиевидная текстура. В доломитовых брекчиях останцов имеются редкие остроугольные обломки подстилающих пород, но в целом по составу они не отличаются от образующих останцы доломитов. В зонах разрывных нарушений доломиты интенсивно дислоцированы и смяты в сложные мелкие складки. Породы здесь заметно ожелезнены и окремнены и имеют буровато-красноватую окраску, постепенно ослабевающую по мере удаления от поверхности разрывных нарушений. В этих же зонах в доломитах много мелких каверн и имеются многочисленные пещеры. В ряде мест выше по хорошо обнаженному склону отчетливо видно несогласное залегание брекчированных доломитов на различных вулканогенно-осадочных отложениях. При этом буровато-красноватые брекчии везде приурочены к основанию останцов; их контакт с подстилающими породами тектонический.

Все, что сказано о доломитах, не позволяет считать их древней корой химического выветривания, развитой по амфиболитам, гнейсам и кристаллическим сланцам, подстилающим доломиты. По всем данным, эти доломитовые останцы являются остатками толщи, находящейся с подстилающими отложениями в тектоническом соотношении. Такое положение вполне согласуется с общим геологическим строением данного участка, находящегося в зоне опущенного северо-восточного крыла Главного Каратауского разлома. Изменение окраски доломитов, ожелезнение и окремнение брекчий вызвано процессами, протекавшими в зоне, ослабленной разрывными нарушениями.

Нельзя считать доказанным и среднепротерозойский возраст доломитов. Они могут быть как рифейскими, так и нижнепалеозойскими и даже среднепалеозойскими. В них, к сожалению, до сих пор не обнаружено никаких ископаемых остатков. Однако в сходных с ними карбонатных породах, занимающих в зоне Главного Каратауского разлома такое же структурное положение и относимых ранее к среднему рифею, после длительных поисков удалось обнаружить ископаемые остатки, указывающие на их ордовикско-силурийский возраст. Наряду с этим в пределах зоны встречены похожие карбонатные породы, содержащие ископаемые остатки ниже- и среднепалеозойского возраста, занимающие аналогичное структурное положение. Поэтому отнесение доломитов в останцах к среднему протерозою является спорным и достоверно не доказано; следовательно, необоснованно и выделение здесь среднепротерозойской коры химического выветривания.

По данным Р.А.Максумовой (1973), "В Тянь-Шане предкембрийские коры выветривания установлены в хребтах Курук-Таг и Джетым-Тоо (Адышев и др., 1967) и бассейне р.Салы-Джаз, а на продолжении Тянь-Шаня к западу - в хребте Улутау Центрального Казахстана (Ергалиев, 1965)". При детальном литологическом исследовании верхнекембрийских отложений на территории хребтов Малый Каратау и Боролдайтау (Южный Казахстан) автором в ряде разрезов выделены коры выветривания приблизительно того же возраста.

Древняя кора выветривания здесь, по представлениям Р.А.Максумовой, развита по породам курганской свиты, сложенной преимущественно пепловыми туфами трахилипаритового состава и туффитами. "Наиболее полно профиль коры выветривания сохранился в Малокаройской структуре, которая в предкембрийское время представляла собой сушу" (Максумова, 1973).

В нем виден постепенный переход от плотных зеленовато-серых окремнелых туфов к рыхлым бледно-зеленоватым и затем красным глинам коры выветривания, в профиле которой выделяются три зоны: начальной дезинтеграции, гидрослюдистая и каолинит-гидрослюдистая. Для первой из них характерна трещиноватая, легко разрушающаяся в современных обнажениях порода, имеющая зеленоватый, но более светлый по сравнению с неизменной породой, цвет. Вторая зона, постепенно сменяющая первую, состоит из красноватых, коричневатых и зеленоватых аргиллитов и алевролитов с маломощными прослоями слабо измененных туфов с чешуйками селадонита и гидромусковита. Среди глинистых минералов установлены смешаннослойные гидрослюды, монтмориллонит и хлорит. Третья зона состоит из пятнистой буроватой и бледно-салатной рыхлой породы с зернами кварца, калиевого полевого шпата, чешуйками селадонита и сгустками гидроокислов железа. Далее отмечается, что кора выветривания перекрыта доломитами, конгломератобрекчиями и песчаниками. Выветривание проходило в условиях довольно расчлененного рельефа. На приподнятых участках Малокаройской структуры денудация проходила интенсивно. Здесь была образована зрелая кора выветривания с тремя зонами. В понижениях рельефа выветривание было менее интенсивным, в результате чего образовалась только зона начальной дезинтеграции.

В Боролдайтэ (это уже в пределах хребта Б.Каратау) древняя кора выветривания образована на различных вулканогенных породах преимущественно кислого состава. В ее профиле Р.А.Максумова (1973) выделяет две зоны: начальной дезинтеграции и гидрослюдисто-каолинитовую. Перекрыта кора выветривания толщиной кварцевых песчаников и глинисто-кремнистых пород.

Наличие участков обеленных пород в зоне контакта эффузивных и терригенно-кремнисто-карбонатных пород отмечалось и ранее М.В.Ташининой (1951), которая, однако, эти породы называла зонами серицитизации, а формирование их связывала с воздействием газотермы сольфатарной стадии вулканического процесса.

По имеющимся в нашем распоряжении данным, собранным путем непосредственно-го изучения этих участков, правомерность выделения докембрийских кор химического выветривания без учета широкого развития линейных и мезозойских и кайнозойских кор, а также без учета газотермального воздействия в сольфатарную стадию развития некогда существовавших вулканов, сомнительна.

Дело в том, что породы, выделяемые Р.А.Максумовой в самостоятельную курганскую свиту, тесно связаны с терригенными породами малокаройской свиты. И те и другие, по существу, составляют единую фациально изменчивую толщу, в которой терригенные и вулканогенные образования чередуются в разрезе и замещают друг друга по горизонтали. Обломочные породы (конгломераты, песчаники, алевролиты, чаще всего кварц-полевошпатового или кварц-глауконитового состава) сменяются туфопесчаниками и различными (от крупнообломочных до литокристаллокластических) туфами, чередующимися с лавами и редкими прослоями карбонатных пород. Все они имеют преимущественно красновато-коричневый и

серовато-зеленый цвет. Чередование и замещение вулканогенных и осадочных пород, благодаря выклиниванию первых, происходит то постепенно, то резко, но без существенных признаков перерывов или наличия крупных тектонических нарушений.

Изменение мощности пластов вулканогенных пород и величины их обломков в сочетании с наличием около определенных пунктов эффузивов позволяет рассматривать эти места как бывшие центры вулканизма.

В структурном отношении все породы осложнены серией разрывов, по которым происходили сбросы, сдвиги и надвиги. Вероятно, во время формирования обломочной толщи возникали вулканы, отложения которых образовывали местные линзообразные раздувы (иногда описываемые как поднятия).

При фациально-формационном анализе вулканогенных пород, выделяются образования различных вулканических фаций: эксплозивной, эффузивной, субвулканической и жерловой. Наблюдаются зоны закалки в нижних и ожелезнение - в верхних частях лавовых потоков.

Среди терригенных пород преобладают гравелиты и песчаники, в которых часто развивается глауконит. Он встречается и в карбонатных прослоях, но реже. В вулканогенных породах преобладает селадонит, для которого установлена тесная структурно-генетическая связь с глауконитом.

Для рассматриваемых вулканогенно-осадочных отложений во всех разрезах и типах пород характерно, судя по геохимическим данным, резкое преобладание "магматогенных" типов связей между химическими элементами. Это, по-видимому, связано с поступлением в бассейны осадконакопления больших масс химически неразложенного магматического материала из областей сноса и продуктов вулканической деятельности. Вместе с тем подстилающая толща, судя по имеющимся геохимическим данным, формировалась в условиях достаточно глубокого химического выветривания пород в областях питания, что отвечает гумидному климату и относительно слабо расчлененному рельефу, существовавшему в эпоху формирования образований курганской свиты и сопряженных с ней отложений. Учитывая эти особенности, можно допустить формирование поднятий в области сноса и вскрытие на ее территории магматических пород.

Кремнисто-карбонатные породы, перекрывающие толщу, к которой ряд исследователей относит курганскую вулканогенную свиту, по своим геохимическим особенностям отличаются как от типичных продуктов механического выветривания или вулканической деятельности, так и от продуктов химического выветривания образований областей сноса. Они обладают специфическим геохимическим обликом, который может быть обусловлен разными причинами, в том числе и тем, что формирование их происходило в эпоху резкого изменения условий осадконакопления.

Все это, а также и то, что в толще пород, с которой сопряжены вулканические образования курганской свиты, отмечается высокое содержание полевых шпатов, говорит о незначительной роли химического выветривания и быстром захоронении обломочного материала. Здесь изменение пород, так же как и в Боролдае, связано скорее всего с воздействием вулканических процессов в сольфатарной стадии и с развитием местного выветривания вдоль зон разрыв-

ных нарушений, особенно в участках, к которым были приурочены вулканические центры. Формирование же самих пород обусловлено скорее специфическим тектоническим режимом, нежели климатом, и неразрывно связано с оживлением осадконакопления и вулканизма.

Нечто подобное, по-видимому, происходило и в Таласском Алатау, где некоторыми исследователями также выделяется докембрийская кора выветривания, приуроченная к зоне контакта вулканогенно-терригенных отложений с карбонатными породами и прослеживаемая на протяжении многих километров. При знакомстве с таким участком в районе Учмичека видно, что карбонатные породы в основании превращены в брекчии, обычно слабо ожелезненные. Цвет брекчий розовато-коричневый или красноватый только в самой нижней части разреза и непосредственно вдоль контакта с подстилающими отложениями, которые в этой зоне ожелезнены. Судя по характеру примыкания друг к другу разных толщ, контакт между ними тектонический и приурочен к крупному разрывному разрушению, вдоль которого отмечается изменение пород. Такое положение позволяет допустить, что это особый морфологический тип измененных горных пород, названный И.И. Гинзбургом (1963) линейной корой выветривания, образующей обычно неправильные по форме тела, приуроченные к тектоническим контактам двух толщ различного состава.

Говоря о возрасте всех этих образований в хребтах Каратау и Таласском Алатау, необходимо отметить также и спорность отнесения их к докембрию. Нигде среди перекрывающих отложений не обнаружено палеонтологически охарактеризованных самых нижних частей разреза кембрия. В хребте М. Каратау, где выделен по ископаемым остаткам ленский ярус, наличие алданского яруса достоверно не доказано. К тому же во многих местах контакт курганской свиты и сопряженных с нею осадочных пород, с кембрийскими породами при тщательном изучении оказывается не трансгрессивным, а тектоническим. Таким же является контакт и в Таласском Алатау, где никаких ископаемых остатков в карбонатной толще не обнаружено, а возраст ее устанавливается по аналогии с похожими, но палеонтологически охарактеризованными отложениями, относимыми к ордовику и к кембрию; так что и в этом случае раннекембрийский возраст карбонатной толщи не доказан (есть основания предполагать, что значительная часть подстилающих отложений может быть отнесена к кембрию). И тогда, следовательно, даже при наличии на этом уровне действительно древних кор химического выветривания их докембрийский возраст не может считаться бесспорно доказанным.

Рассмотрением приведенных примеров мне хотелось обратить внимание на особую трудность в опознавании, выделении и изучении древних кор химического выветривания, развивавшихся в далеком геологическом прошлом в складчатых системах Казахстана и Средней Азии. Аналогичные образования могли формироваться в разных условиях и в различное время, что в современном эрозионном срезе не всегда удается определить. Особенно трудно опознать истинные древние коры химического выветривания в сильно пенепленизированных и в интенсивно расчлененных горных участках. При очень сложном строении древних складчатых систем всегда есть опасность спутать истинную древнюю кору химического выветривания с более молодой линейной или площадной корой. Так что при выделении древних кор следует проявлять особую осторожность, подвергая свои выводы тщательной и всесторонней проверке. Несомненно, что в докембрии были эпохи интенсивного

физического и химического выветривания горных пород, но как уже сказано, выявление их сопряжено с большими трудностями. Поэтому обнаружение и изучение их представляет собой весьма сложную проблему и требует разработки специальных методов и приемов.

Л и т е р а т у р а

А д ы ш е в М.М. и др. Древняя кора выветривания в кровле верхних тил-литоподобных пород позднего докембрия Тянь-Шаня. — "Докл. АН СССР", 1967, 172.

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н. Докембрийские коры выветривания в Средней Азии. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Мат. Всесоюзн. семинара "Коры выветривания докембрия и связанные с ними полезные ископаемые", г. Москва, 26–30 марта 1975г.), М., ВИЭМС, 1975, с.101–103.

Г и н з б у р г И.И. Основные вопросы образования кор выветривания и их значение при поисках минеральных месторождений. — "Геол. рудн. месторожд.", 1963, № 5.

Г о л о в е н о к В.К. Литолого-геохимические особенности и методика изучения докембрийских кор выветривания. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Мат. Всесоюзн. семинара "Коры выветривания докембрия и связанные с ними полезные ископаемые", г. Москва, 26–30 марта 1975г.) М., ВИЭМС, 1975, с.7–10.

Е р г а л и е в Г.К. К стратиграфии венда и кембрия Байконур-Каратау-Джебаглинской зоны. — "Изв. АН Каз. ССР, серия геол.", 1965, № 6.

М а к с у м о в а Р.А. Вендские коры выветривания в хребте Каратау (Южный Казахстан). — "Литол. и полезн. ископ.", 1973, № 4, с.133–138.

С и д о р е н к о А.В. Проблемы осадочной геологии докембрия. — "Сов. геология", 1963, № 4.

С и д о р е н к о А.В., Л у н е в а О.И. К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ. М., Изд-во АН СССР, 1961.

Т а щ и н и н а М.В. Изверженные породы Боролдайтау и Кулантау. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1951.

Ж.В.ДОМБРОВСКАЯ, А.Д.СЛУКИН

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ
КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Изучение докембрийских кор выветривания в последние два десятилетия привело к несомненным успехам в познании их размещения, геологии, вещественного состава, генезиса и эволюции. Особенно важные сведения получены геологами, исследовавшими метаморфизованные коры выветривания Русской платформы. Наиболее всеобъемлющими следует считать исследования А.В.Сидоренко, А.С.Корякина, В.З.Негруцы, В.А.Соколова, К.И.Хейсканена и др. В ходе этих исследований убедительно доказано наличие и сохранность докембрийских кор выветривания в ряде районов, проанализирован и расшифрован их химический и минеральный состав, восстановлены физико-географические и климатические условия их образования, оценена огромная роль кор в формировании месторождений различных полезных ископаемых. Обнаружено принципиальное сходство процессов докембрийского и мезозойско-кайнозойского выветривания, определено участие в них атмосферных осадков и кислорода.

Наряду с этими положительными результатами рядом исследователей были допущены некоторые неточности и сделаны ошибочные выводы, особенно относительно докембрийских кор выветривания в восточных районах нашей страны, на чем мы остановимся подробнее.

Авторы изучали молодые (мел-палеогеновые) латеритные коры выветривания Сибирской платформы и Прибайкалья, современные коры Батумского побережья и Индии и докембрийские коры выветривания Карелии, КМА, Криворожья и Якутии. Сравнение этих кор показывает, что всем им свойственно зональное строение. Однако в отличие от почти полностью сохранившихся ископаемых и развивающихся латеритных кор тропических областей известные докембрийские коры имеют в своем профиле только нижние зоны, венчающиеся слабо каолинизированными породами. Установлено, что поведение химических элементов в зональном профиле непостоянно: даже накапливающиеся в верхних зонах алюминий и железо частично могут выноситься из нижних зон и, напротив, легко выносимые калий и щелочные земли могут обогащать нижние зоны. Это обстоятельство следует иметь в виду при изучении геохимии неполных профилей кор выветривания. Неправомочно распространять получаемые при этом данные на весь профиль, на весь цикл выветривания, как это делалось некоторыми авторами применительно к докембрийским корам выветривания Балтийского щита. При сохранности только нижней и реже средней зон, этими авторами делаются выводы о резко ограниченной

в процессе докембрийского выветривания миграции калия при сравнительно повышенной подвижности инертных элементов.

Анализ поведения калия в корях выветривания различного возраста (см. таблицу) показывает, что во многих из них калий накапливается в зоне развития гидратированных минералов: гидрослюд, гидрохлоритов, монтмориллонита, нонтронита и др., однако в процессе каолинизации почти весь калий обычно теряется. Жесткость кристаллической решетки каолинита препятствует значительной емкости поглощения (Зхус, 1966; Сергеев, Злочевская, 1966), что, по-видимому, объясняет отсутствие фиксации калия этим минералом (Берлин, Звягин, 1957) не только в процессе выветривания, но и в ходе последующей геологической истории. Действительно, даже в каолините из верхнепротерозойских отложений лахандинской свиты содержится всего 0,94% K_2O . Редкий случай фиксации калия в своеобразной коре выветривания строматолитовых доломитов ципандинской свиты объясняется сохранностью среди гиббсита, аллофана и галлуазита части гидрослуда. На других породах поведение калия в нижних зонах мезозойско-кайнозойских, палеозойских и докембрийских кор выветривания сходно.

Помимо фиксации калия, в нижних зонах коры выветривания часто происходит фиксация карбонатов кальция и магния, что связано со сменой pH: кислых — сверху и щелочных — внизу профиля. Исключая наложенные процессы, источником щелочных земель обычно являются сами выветривающиеся породы, особенно ультрабазиты с гигантскими скоплениями карбонатов в зоне дезинтеграции. При реконструкции условий образования докембрийских кор выветривания карбонатизация нередко рассматривается как признак аридности климата эпохи выветривания, что не верно. Наличие на поверхности коры выветривания линз доломитов — зачастую также не признак аридности климата эпохи выветривания — скорее это признак засушливости климата последующей эпохи. Случаи быстрой смены климата известны и в настоящее время, например на полуострове Кач (побережье Аравийского моря), где после формирования бокситоносной коры выветривания на трапах наступила засуха и в коре выветривания (даже в отвалах современных карьеров) стали образовываться карбонаты, опал и гипс.

Очевидно, что для реконструкции климатических условий эпохи выветривания следует использовать как можно более полные профили коры выветривания и синхронных осадочных пород.

До сих пор большинство геологов отрицает способность кислых пород, и особенно гранитов, производить при выветривании высокоглиноземное сырье и бокситы. Тем не менее уже известны совершенно достоверные примеры формирования на этих породах крупных месторождений высококачественных бокситов (на о. Мадагаскар, в Индии и в других местах). Наличие высокоглиноземных пород в перестроенных метаморфизованных корях выветривания Патомского нагорья и Кольского полуострова свидетельствует о развитии в докембрии и латеритных кор выветривания, материнскими породами которых среди прочих могли быть и граниты.

В последнее время стали появляться публикации о находках неметаморфизованных продуктов докембрийских кор выветривания, залегающих среди в различной степени метаморфизованных пород щитов геосинклинальных областей. Анализ доступных нам материалов показывает, что в ряде случаев образования, описываемые

Содержание окиси калия (вес.%) в материнских породах и корях выветривания различного возраста

Материнская порода	Содержание K_2O				Возраст коры	Местонахождение коры	Литературный источник
	в материнской породе	в зоне гидрослюда	в зоне каолинита	в зоне гиббсита (бемита)			
Кварц-мусковитовый сланец	9,25	6,43	0,06	0,12-0,0	K_2-P_1	Красноярский край	Слукин, 1973 ₁
Оливин-флогопитовый порфирит	1,9-1,5	3,27-0,92	0,4-0,03	0,06-0,0	"	"	"
Кимберлит	4,73	2,16-0,32	0,3-0,13	0,05	"	"	"
Долерит	0,37	2,65	0,18	0,3-0,05	"	"	Родин и др., 1967
Долерит	0,43	1,98	0,7-0,04	0,01	"	"	Анализы авторов
Туф основного состава,	2,16	6,16	0,45	Размыта	"	"	"
То же	1,36	1,72	0,37-0,03	0,56-0,04	"	"	"
Роговик	2,20	3,66	0,04	Размыта	"	"	"
Доломит строматолитовый	0,3	0,91	2,18-3,41	Слабая	O(?)	Якутия	Слукин, Ливцов, 1975
Пегматит	9,81	3,33	3,2-0,6	Не было	P_1	Прибайкалье	Домбровская, 1973
Сланец кварц-серпичитовый	4,34	5,13	0,74	2,42-0,3	C_1	КМА	Никитина, 1968
Гранит	3,56	3,33	Слабая	Не было	C_1	"	"
Гранит	3,38	6,33-8,46	"	"	p_6	Якутия	Слукин, 1973
Гранит	6,04	6,78-6,91	"	"	"	"	"
Гранодиорит	3,87	8,40-8,82	"	"	FT	Карелия	"
Гранит	2,63	6,00-9,47	"	"	"	"	"
Гранит	3,46	4,50-5,35	"	"	"	"	Корякин, 1970
Гнейс	2,04	8,35	"	"	"	КМА	Слукин, 1973 ₂

как докембрийские коры выветривания, оказываются породами иного возраста и генезиса. Что вводит исследователей в заблуждение? Чаще всего приуроченность этих образований к стратиграфическим контактам пород и перерывам в осадконакоплении, а также к корам выветривания. Приведем несколько примеров.

В юго-восточной части Алданского щита (Юдомо-Майский прогиб) описана предьядомская гиббситоносная кора выветривания (Семихатов и др., 1972), представленная "5-10-сантиметровым пластом ржаво-бурой глинистой массы" с округлыми и неправильными включениями и линзами гиббсита мощностью от 0,5 до 1,5-2 см и протяженностью до 5-7 см. Судя по приведенным в статье данным химического анализа, включения гиббсита содержат 79,43% глинозема (напомним, что теоретически гиббсит содержит 65,4% глинозема, а в природных образованиях содержание его снижается за счет примесей), на потери при прокаливании и щелочи в анализе приходится 3,3% (вода в гиббсите составляет 34,6%). Таким образом, приведенный анализ включений не соответствует гиббситу.

Описываемые образования залегают на контакте вдомской (венд) и подстилающей ее устькирбинской (рифей) свит. Отложения свит метаморфизованы. Устькирбинская свита представлена сланцеватыми артиллитами с тонкими прослоями алевролитов; на плоскостях напластования обнаруживаются мелкочешуйчатый серицит. Юдомская свита в основании сложена тонкоплитчатыми доломитами или песчаниками, а выше массивными битуминозными известняками. Напрашивается вопрос, каким образом "5-10-сантиметровый пласт глинистой массы, легко растирающейся руками" мог уцелеть среди толщи подвергшихся метаморфизму пород? Имеющиеся материалы указывают на то, что описываемые глинисто-глиноземистые образования являются молодыми, отнюдь не докембрийскими. По-видимому, это линейная кора выветривания, развитая по контакту устькирбинской и вдомской свит.

Определение возраста кор выветривания часто диктуется объективными причинами. Так, формирование кор выветривания на контакте пород двух полого залегающих свит позднепротерозойского возраста в Майском прогибе (бассейн р.Ингили, восточная окраина Алданского щита) можно было бы, казалось, отнести к позднему протерозою. Однако при детальном изучении была показана их связь с современной поверхностью и с молодыми гипергенными процессами (Скляров, 1972; Слукин, Живцов, 1975). Кроме того, не характерным для докембрийских кор выветривания оказался и минеральный состав (гиббсит, галлуазит и аллофан) — аллофанойды во всем мире имеют молодой возраст (Чухров, 1955).

В Западном Прибайкалье В.К.Маслов (1974) выявил гиббсит-галлуазитовые породы, по химическому составу отвечающие бокситам. Эти образования встречаются в поле распространения метаморфических пород байкальской серии верхнего протерозоя и отнесены этим автором к докембрийским "нормально-осадочным" породам. В выступлении на совещании "Докембрийские коры выветривания" В.К.Маслов отметил, что бокситопроявления располагаются в байкальской серии на пяти стратиграфических уровнях и являются продуктами перестроения коры химического выветривания.

Наши полевые наблюдения и разностороннее изучение образцов (шлифы, термический, рентгеноструктурный, химический, спектральный анализы, ИКС), предоставленных В.К.Масловым, показали, что бокситоносные отложения представляют собой рыхлые глинисто-глиноземистые породы с обломками и глыбами псев-

доморфных (структурных) бокситов и пород типа кирассы. Эти отложения выполняют трещины, воронки, полости и другие карстовые формы среди карбонатных пород байкальской серии верхнего протерозоя. В обломках и глинах псевдоморфного боксита сохраняются структурно-текстурные признаки исходных пород (сланцев, алевролитов, песчаников голоустенской свиты верхнего протерозоя). В шлифах хорошо видны реликтовые кварцевые микропрожилки, участками растворенные и замещенные гиббситом. Порода высокопористая и по всем признакам отвечает структурному бокситу.

Горизонты карбонатных пород встречаются в разных свитах байкальской серии на разных стратиграфических уровнях. В приповерхностных условиях карбонатные породы закарстованы и карстовые формы являются рудомещающими для бокситов. Приуроченность бокситоносных отложений к разновозрастным горизонтам карбонатных пород байкальской серии следует рассматривать как признак площадного распространения молодых одновозрастных бокситоносных отложений, а не как признак наличия пяти бокситоносных стратиграфических уровней (В.К.Маслов).

Таким образом, условия залегания, минеральный состав и отсутствие метаморфизма бокситоносных отложений, залегающих на метаморфических толщах, указывают на их кайнозойский возраст. Выявленные бокситы не имеют отношения к докембрийским корам выветривания, они связаны с несомненно проявившейся в Прибайкалье (Домбровская, 1973) палеогеновой эпохой выветривания. Вблизи бокситопроявлений известны палеогеновая кора выветривания кварцитов голоустенской свиты, представленная элювиальными кварцевыми песками и маршаллитами, кора выветривания гранитов и других пород. В районе пос. Б.Голоустное в береговых обнажениях вскрыты нижние зоны палеогеновой коры выветривания пиритсодержащих сланцев голоустенской свиты, которые содержат инфильтрационные выделения алюминита. Образование алюминита также, по-видимому, может свидетельствовать о латеритном характере палеогеновой эпохи выветривания, с которой связаны бокситопроявления.

Таким образом, в восточных районах СССР, где имеются как докембрийские, так и мезозойско-кайнозойские бокситовые породы и коры выветривания, проблема правильного определения возраста этих образований начинает играть все большую роль при определении дальнейшего направления поисковых работ.

Л и т е р а т у р а

Б е р л и н Т.С., З в я г и н Б.Б. Исследование обменной способности глин. — В кн.: Методическое руководство по петрографо-минерал. изучению глин. Госгеолтехиздат, 1957.

Д о м б р о в с к а я Ж.В. Палеогеновая кора выветривания Центрального Прибайкалья. "Наука", 1973.

З х у с Н.Д. Глинистые минералы и их палеогеографическое значение. "Наука", 1966.

К о р я к и н А.С. Некоторые итоги изучения протерозойских кор

выветривания Карелии. - "Изв. АН СССР, серия геол.", 1970, № 9.

М а с л о в В.К. О бокситоносности голоустенской свиты верхнего протерозоя (Западное Прибайкалье). - "Геология и геофизика", 1974, № II.

Н и к и т и н а А.П. Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и ее бокситоносность. "Наука", 1968.

Р о д и н Р.С., Г и л ь к и н В.Н., Г е л е ц я н Г.Г. Латерит-боксит на Сибирской платформе. - Тр. СНИИГТИМС, 1967, вып. 58.

С е м и х а т о в М.А., С е р е б р я к о в С.Н., Е р о щ е в - Ш а к В.А. Предъюдомская гиббситоносная кора выветривания в Восточной Сибири. - "Докл. АН СССР", 1972, 202, № 6.

С е р г е е в Е.М., З л о ч е в с к а я Р.И. О понятии "глинистый минерал". - "Вестн. Моск. ун-та", 1966, № 6.

С к л я р о в Р.Я. О современных процессах бокситообразования в Сибири и на Дальнем Востоке. "Докл. АН СССР", 1972, 206, № 4.

С л у к и н А.Д. Кора выветривания и бокситы Чадобецкого поднятия. "Наука", 1973₁.

С л у к и н А.Д. Сравнительная минералого-геохимическая характеристика некоторых докембрийских кор выветривания Алданского щита, Карелии и Курской магнитной аномалии. - В кн.: Кора выветривания, вып. 13. "Наука", 1973₂.

С л у к и н А.Д., Ж и в ц о в Д.А. Гиббсит-галлуазит-аллофановая минерализация в бассейне р. Мая. - В кн.: Проблемы генезиса бокситов. "Наука", 1975.

Ч у х р о в Ф.В. Коллоиды в земной коре. М., изд-во АН СССР, 1955.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
<i>А.В.Сидоренко</i> . Докембрийские коры выветривания, поверхности выравнивания и эпохи континентальных перерывов в истории докембрия	5
<i>В.К.Головенко</i> . Докембрийские коры химического выветривания, их особенности и методика литолого-геохимического изучения	16
<i>А.С.Корякин</i> . Диагностические критерии метаморфизованной коры выветривания (на примере Центральной Карелии)	28
<i>В.М.Чайка</i> . Докембрийские коры выветривания и тектоника	34
<i>В.А.Теняков</i> . Бокситообразование в геологической истории Земли и проблема бокситов докембрия	52
<i>О.И.Лулева</i> . Конгломераты докембрия Кольского полуострова и эпохи континентальных перерывов	66
<i>А.М.Цехомский</i> . Основные черты формаций докембрийских кор выветривания и их минералогия	78
<i>В.З.Негруца, Т.Ф.Негруца</i> . Проблемы геологии докембрийских кор выветривания Балтийского щита	88
<i>В.Д.Мац, Ю.Г.Попов</i> . Некоторые черты эволюции коры химического выветривания гранитов	104
<i>Н.Б.Бекасова, Д.Д.Мирская, Г.Ю.Пушкин</i> . Этапы и эволюция процессов корообразования в среднем протерозое Кольского полуострова	116
<i>Б.М.Петров</i> . Тектоническое положение докембрийских кор выветривания Воронежского кристаллического массива	127
<i>Н.И.Голивкин</i> . О докембрийских корах выветривания КМА	134
<i>С.Ф.Борисов, Э.В.Ужгалис</i> . Геохимические особенности продуктов перестояния докембрийской коры выветривания КМА	140
<i>С.В.Левченко, Е.Т.Бобров, Ф.Я.Волочаев, И.Г.Щипакина</i> . Докембрийские коры выветривания Русской платформы, условия их образования и перспективы рудоносности	149
<i>Е.А.Кулиш</i> . Продукты кор выветривания Алданской подвижной области и условия их формирования	154
<i>Э.А.Шамшина, Б.Р.Шпунт</i> . Докембрийские коры выветривания северо-восточной части Сибирской платформы	161
<i>В.Д.Парфенов, Н.И.Юдин</i> . Об апатитоносности протерозойской коры выветривания на Центральном Алдане	168

А.П.Сигов, В.С.Шуб. Докембрийские пенепплены и коры выветривания Урала	172
Л.Н.Белькова, В.Н.Огнев, О.Г.Кангро. Докембрийские коры выветривания в Средней Азии	180
Б.М.Михайлов. Некоторые особенности гипергенного рудообразования в докембрии.....	187
Л.И.Боровиков. Проблема выделения докембрийских кор химического выветри- вания в складчатых системах Казахстана и Средней Азии	196
Ж.В.Домбровская, А.Д.Слукин. Некоторые аспекты изучения докембрийских кор выветривания	203

Докембрийские коры выветривания
(Сборник научных трудов ВИМС)

Редактор Г.И.Денисова

Технический редактор Ц.С.Левитан

Корректоры Р.Н.Ларченко, М.А.Трифорова

Сдано в печать 19/УШ 1975 г.

Подписано к печати 4/IX 1975 г.

Тираж 1000 экз.

Формат 70x108/16

Печ.л. 13,75

Уч.-изд.л. 15,0

Цена 75 коп.

Л-29494

Заказ 1563

Центральное специализированное
производственное хозяйственное предприятие
Всесоюзного геологического фонда

УДК 551.311.231 : 551.72

С и д о р е н к о А.В. Докембрийские коры выветривания, поверхности выравнивания и эпохи континентальных перерывов в истории докембрия. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС) М., 1975, с.5-15.

В работе проанализировано современное состояние изученности докембрийского континентального выветривания, поверхностей выравнивания и пенепленов, являющихся основой для стратиграфического расчленения и корреляции докембрия.

Список лит. 18 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72

Г о л о в е н о к В.К. Докембрийские коры химического выветривания, их особенности и методика литолого-геохимического изучения. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС) М., 1975, с.16-27

На основании обобщения обширного фактического материала по докембрийским корам выветривания сделано заключение о некоторых закономерностях их развития, особенностях строения, петрохимического состава и условий залегания; рассмотрены методические вопросы изучения докембрийских кор выветривания.

Табл. I, список лит. 14 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72

К о р я к и н А.С. Диагностические критерии метаморфизованной коры выветривания (на примере Центральной Карелии). В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС) М., 1975, с.28-33.

Приведены результаты исследований автора по минералого-геохимической реставрации дометаморфических профилей и определению характера древнейшего выветривания на территории Карелии.

УДК [551.311.231 : 551.72] + 551.24

Ч а й к а В.М. Докембрийские коры выветривания и тектоника. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС) М., 1975, с.34-51.

Освещаются вопросы связи формирования пенепленов и мощных кор выветривания с процессами денудации и выветривания в областях проявления сводовой тектоники на эпифейском этапе развития земной коры.

Список лит. 60 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72

Т е н я к о в В.А. Бокситообразование в геологической истории Земли и проблема бокситов докембрия. — В кн.: Докембрийские коры выветривания.

(Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.52-65.

Изложены выводы автора о том, что процесс бокситообразования для докембрия был столь же обычным, как и для фанерозоя. Невысокая сохранность докембрийских бокситов связана не только с механическими причинами, но и с термодинамической неустойчивостью гидроокислов алюминия.

Табл. I, список лит. 21 назв.

УДК 551.311. 231 : 551.72 (470)

Лунева О.И. Конгломераты докембрия Кольского полуострова и эпохи континентальных перерывов.- В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.66-77.

По положению конгломератов в разрезах древних комплексов Кольского полуострова автор выделяет в раннедокембрийской геологической истории Балтийского щита, по крайней мере, семь крупных эпох континентального корообразования.

УДК [551.311.231 : 551.72]: 553.078

Цехомский А.М. Основные черты формаций докембрийских кор выветривания и их минерогения.- В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.78-87.

Изложены представления о том, что коры химического выветривания формировались на протяжении всей геологической истории. Однако широкое развитие кор и наиболее глубокие изменения исходных пород установлены только в отдельные эпохи, отличающиеся особыми физико-географическими условиями.

Список лит. 33 назв.

УДК 551.311 : 551.72 (470)

Негруца В.З., Негруца Т.Ф. Проблемы геологии докембрийских кор выветривания Балтийского щита.- В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.88-103.

Освещены вопросы связи полезных ископаемых и потенциально рудоносных формаций с докембрийскими корами выветривания; рекомендованы конкретные районы для постановки поисков гипергенных месторождений рифейского возраста. Табл. I, список лит. 57 назв.

УДК 550.4 : 551.311.231

Мац В.Д., Попов Ю.Г. Некоторые черты эволюции коры химического выветривания гранитов.- В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.104-115.

Рассмотрены петрохимические характеристики разновозрастных кор выветривания гранитов, сделаны выводы о принципиальном сходстве процессов выветривания на протяжении всей геологической истории.

Список лит. 35 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72 (470)

Б е к а с о в а Н.Б., М и р с к а я Д.Д., П у ш к и н Г.Ю. Этапы и эволюция процессов корообразования в среднем протерозое Кольского полуострова. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.116-126.

Авторами показано, что степень зрелости охарактеризованных в работе кор в разрезе Карельского комплекса закономерно убывает снизу вверх.

Табл. I, список лит. 17 назв.

УДК [551.311.231:551.71/72]+ 551.24 (470.32)

П е т р о в Б.М. Тектоническое положение докембрийских кор выветривания Воронежского кристаллического массива. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.127-133.

Показано, что мощные коры выветривания образовались лишь в отдельные эпохи, следовавшие за эпохами гранитизации и представлявшие собой этапы аркогенеза.

Ил. 2, список лит. 19 назв.

УДК 551.311.231 : 551.71/72 (470)

Г о л и в к и н Н.И. О докембрийских корах выветривания КМА. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с. 134-139.

Сообщается о результатах исследований автора на территории КМА, где установлено проявление двух эпох докембрийского корообразования - позднеархейской и раннепротерозойской.

Список лит. 10 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72

Б о р и с о в С.Ф., У ж г а л и с Э.В. Геохимические особенности продуктов переотложения докембрийской коры выветривания КМА. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.140-148.

Рассмотрен вопрос о геохимической специализации базальных конгломератогравелитов, которые являются региональным маркирующим горизонтом, разделяющим два структурных яруса - архейский и раннепротерозойский.

Ил. 5, список лит. 11 назв.

УДК 551.311.231 : 551.71/72 (470)

Л е в ч е н к о С.В., Б о б р о в Е.Т., В о л о ч а е в Ф.Я., Щ и п а к и н а И.Г. Докембрийские коры выветривания Русской платформы, условия их образования и перспективы рудоносности. - В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.149-153.

Освещены вопросы изучения вещественного состава глинистых минералов, установления зональности и возможной рудоносности кор выветривания на Русской платформе.

УДК 551.311.231 : 551.72

Кулиш Е.А. Продукты кор выветривания Алданской подвижной области и условия их формирования.— В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.154-160.

На основании литологического анализа алданского комплекса автор приходит к выводу, что формирование высокоглиноземистых образований и мощных толщ пород этого комплекса происходило в подвижной области геосинклинального типа.

Список лит. 9 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72 (57)

Шамшина Э.А., Шпунт Б.Р. Докембрийские коры выветривания северо-восточной части Сибирской платформы.— В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.161-167.

Авторы показывают, что на северо-востоке Сибирской платформы развиты разновозрастные докембрийские коры выветривания, среди которых наиболее высокой степенью зрелости отличаются предрифейская и предъюдомская коры.

Список лит. 9 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72 (57)

Парфенов В.Д., Юдин Н.И. Об апатитоносности протерозойской коры выветривания на Центральном Алдане. В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.168-171.

Стратифицированное положение коры выветривания, ее неглубокое залегание, значительная протяженность зоны апатитизации, наличие значительных площадей развития юдомских отложений позволяют авторам сделать вывод о перспективности этого типа оруденения на Центральном Алдане.

Ил. 2.

УДК 551.311.231 : 551.72

Сигов А.П., Шуб В.С. Докембрийские пенелены и коры выветривания Урала.— В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.172-179.

На основании изучения разрезов докембрийских отложений показано, что в допалеозойской истории Урала неоднократно существовали тектоно-климатические эпохи, благоприятные для формирования пенеленов и кор выветривания.

Ил. 4, табл. I, список лит. 4 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72 (575)

Б е л ь к о в а Л.Н., О г н е в В.Н., К а н г р о О.Г. Докембрийские коры выветривания в Средней Азии. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.180-186.

Формационный анализ позволил авторам прийти к заключению о существовании в докембрии Средней Азии кор выветривания, хотя сами коры не сохранились или остаются пока не выявленными.

Ил.2, список лит. 6 назв.

УДК [551.311.231 + 553.068.36]: 551.72

М и х а й л о в Б.М. Некоторые особенности гипергенного рудообразования в докембрии. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.187-195.

Выводы автора сводятся к тому, что для докембрийского этапа развития Земли характерен свой особый, не связанный с гипергенезом тип дифференциации вещества, с которым связаны богатые промышленные концентрации многих полезных компонентов.

Ил.1, список лит. 17 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72 (575)

Б о р о в и к о в Л.И. Проблема выделения докембрийских кор химического выветривания в складчатых системах Казахстана и Средней Азии. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.196-202.

Отмечаются трудности в опознавании, выделении и изучении древних кор химического выветривания, развивавшихся в далеком геологическом прошлом в складчатых системах Казахстана и Средней Азии.

Табл. 1, список лит. 9 назв.

УДК 551.311.231 : 551.72

Д о м б р о в с к а я Ж.В. С л у к и н А.Д. Некоторые аспекты изучения докембрийских кор выветривания. — В кн.: Докембрийские коры выветривания. (Сб. науч. тр. ВИМС.) М., 1975, с.203-208.

Анализируются ошибочные выводы некоторых авторов относительно наличия докембрийских кор выветривания в восточных районах СССР; подчеркиваются трудности разделения древних и более молодых кор.

Табл.1, список лит. 14 назв.

1350

Цена 75 коп.