Доклады Академии Наук СССР
1938. Том XIX, № 8

МИНЕРАЛОГИЯ

Академик А. Е. ФЕРСМАН

ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

1. Еще в классических схемах В. В. Докучаева при анализе почвенных процессов была намечена определенная широтная зональность, которая позднее из чисто морфологической выросла в современную почвенную систему, освещающую внешние черты почвы с химической стороны.

Зональность химических процессов земной поверхности и их связь с климатическими поясами легла в основу не только современного почвоведения, но и осадочной геологии и минералогии (В. Х. Твенховел, И. Вальтер, Л. Кайе, К. Андре, Ф. Кларк, Э. Блеквельдер и мн. др.). Однако до сих пор никем не был поставлен достаточно определенно вопрос, каковы те физико-химические причины, которые обусловливают это поразительное различие, которое бросается в глаза каждому, кто например сравнит смену цветов геохимических соединений от Мурманска на севере до Батуми на юге ([1]).

2. Основным фактором, определяющим различие хода геохимических процессов на разных широтах, являются в первую очередь колебания температуры и количества жидкой фазы воды. Понижение средней температуры до 0° и ниже ведет прежде всего (согласно известному правилу в химии) к понижению скоростей химических реакций, причем, учитывая ход температурных кривых, можно ожидать коэффициента 6—8, что несомненно весьма значительно. Как следствие этих причин является и различие в биохимических реакциях на разных широтах.

Не менее серьезен второй фактор—влажность. Однако его влияние более сложно, ибо для хода химической реакции важно не общее количество осадков, но их распределение, величина относительной влажности и агрегатное состояние воды. Относительно небольшое количество жидкой воды и возникновение в определенные моменты понижения относительной влажности восходящих токов сближают характер химических процессов полярных областей с районами субтропических пустынь, на что неоднократно обращалось внимание и географами и геохимиками ([2]).

3. Сочетание низкой скорости химических процессов и отсутствие больших количеств подвижной фазы воды, связанное с низким pH и восходящими токами, ведет к целому ряду геохимических и геологических процессов, которые и являются типичными для полярных областей. Перечислим наиболее важные:

1) Восходящие токи ведут к возникновению выцветов и корок, аналогичных пустынному загару. Для первых характерны черные налеты и пленки марганца ([3]), для вторых—выцветы растворимых солей, которые нередко описываются из ледниковых областей, но очень плохо химически изучены. Сюда же относятся еще малоизученные ледниковые стебельки, которые возникают в морозные ночи при малой относительно влажности ([4]) и являются интересными минералами, имеющими геологическое значение, так как ведут к перемещению мелкозема и его разделению по величине.

2) Механическое разрушение опережает геохимические изменения пород и минералов, чем вызывается ряд характерных моментов полярной геохимии. Например механически накопленные пески в Арктике и Антарктике и по составу и по цвету обычно отвечают исходным породам. Таковы замечательные оливиновые пески Антарктики, зеленые пески из оливина и пироксена Монче-Тундры на Кольском полуострове. Сохранение в них ферро- и феррисиликатов в неизмененном виде резко отличает их от песков побережья, например Балтийского и Северного морей, где идет разрушение силикатов и полный вынос железа, и от песков среднеазиатских пустынь, где обычно железо остается на месте в виде красных корочек (Кызыл-Кумы). Таким образом намечается схема цвета песков от темных и зеленых в Арктике—через белые пески средних широт—к красно-желтым и черно-красным пескам пустынных районов.

Вторым характерным явлением, связанным с особенностями гидролиза силикатов, является почти полное отсутствие превращения даже мелкодисперсного полевошпатового остатка в глины и каолины. Такова замечательная сохранность полевых шпатов вулкана Эребуса в Антарктике (что описано Э. Шекльтоном в 1903 г.); идеальные образцы свежих кристаллов были привезены оттуда «мешками». Отсутствие гидролиза полевошпатовых частиц с практической точки зрения ведет к большому дефекту полярных областей: отсутствию хороших глин, которые, например даже на Кольском полуострове, являются дефицитными.

3) Но конечно самое важное следствие из вышеприведенных нами положений о запаздывании химических процессов заключается в отсутствии сколько-нибудь значительных «железных шляп» и в крайней ограниченности размеров ореолов окисления. Для всех тех, кто работал в приполярных областях, известна исключительная свежесть образцов, отсутствие бурых корок и пленок гипергенного изменения, особенно сульфидов. Зона окисления ограничивается лишь миллиметрами или их долями и обычно скопляется лишь на самом сульфидном минерале, резко локализируя бурое пятно примерно на участке только самого сульфида. С практической точки зрения это явление оказывается весьма полезным при поисках сульфидных руд в Арктике. Как пример отметим, что пятно небольшого пирротинового месторождения в Рисчорре в Хибинах было видно, благодаря резкости, невооруженным глазом за 15 км. Желтое пятно на никелевых рудах Ньюдуайвенча в Монче-Тундре было обнаружено нашим отрядом в 1930 г. в бинокль с горы Ниттис.

4. В тесной связи с характерными особенностями геохимии приполярных областей находятся и некоторые своеобразные геохимические реакции и наличие ряда минералов, свойственных этому климатическому режиму. Мы перечислим наиболее характерные и интересные минеральные виды:

1) Лед как минерал очень мало изучен. Его образование связано с трехфазовой системой из двух компонентов (H_2O+O_2), и настоящее минералогическое исследование его началось лишь в последние годы под руководством профессора П. Ниггли в Альпах на Давосской снеговой станции, первый отчет которой вышел в 1937 г.

2) Гидрогалит $NaCl \cdot 2\,H_2O$. Замечательный пластинчатый минерал, впервые описанный из Кемпендяйских соляных источников на реке Вилюе Э. Мааком (1850 г.). Позднее (1907 г.) он был хорошо изучен царским ссыльным поселенцем П. Л. Дравертом ([5]).

Образование этого минерала несомненно пропускается полярными исследователями, и при замерзании и замораживании соленой воды ниже 5° образующиеся иглы и пластины гидрогалита и его криогидрата—криогалита принимаются очевидно за кристаллы льда. Об этом и о шероховатости полярного морского льда писал еще Ф. Врангель. Диаграмма его

равновесия и образование зимой в рапе Баскунчакского озера хорошо описаны А. П. Николаевским ([10]).

3) Хлористый натрий. Явление вымораживания морской воды является интересным геохимическим процессом, который был описан и в полярной Канаде, и на Кольском севере ([6]). Выделяющийся при этом хлористый натрий (с другими солями) образует как бы выцветы, напоминающие выцветы солей на ледниковых моренах ([7]). Выделение солей при низких температурах могло бы даже промышленно использоваться на нашем севере, так как, например, условия Белого моря позволяют в Кандалакше в течение семи месяцев вести химические процессы при температурах ниже нуля. Особенную роль для испарения при этом играет ветер.

4) Сера. Очень своеобразна реакция выпадения серы при низких температурах, на что имеется ряд интересных указаний ([8]). Сера образуется вследствие замерзания воды и выделения растворенного в ней сероводорода в районах, богатых гипсом; благодаря этому в некоторых местах Северной области, после таяния снегов, в озерцах и водах происходит выделение серы, которое давало иногда начало кустарному промыслу. Хотя такое образование серы и не может считаться типичной «арктической» реакцией, тем не менее оно заслуживает особого внимания после работы в Антарктике Э. Шекльтона (1903 г.), который, описывая вулкан Эребус, говорит о сольфатарах из желтого льда с мелкодисперсными частицами серы, что представляет замечательный минерал, требующий изучения.

5) Для гидратов железа и марганца мы имеем в приполярных широтах образования, по преимуществу соединенные с большим количеством воды,—гидропиролюзита в первом случае и лимонитов и эсмеральдитов—во втором. Эти образования многоводных гидратов ведут и к резко буро-желтым тонам продуктов окисления железа и к черно-грязным тонам для марганца.

6) Типичным процессом северных областей является накопление опала в виде диатомовых панцырей. Этот процесс особенно широко охватывает Канаду, Кольский полуостров, Гренландию и вероятно будет широко встречен и в северных областях Сибири (особенно в приполярной Якутии).

Отложения диатомита, иногда смешанные с осадками сапропеля, представляют большую практическую ценность как вяжущее вещество при строительстве, но до сих пор с успехом они употребляются лишь в полярной Канаде, где, пользуясь различием уровней, вода спускается из озер, богатых диатомитом, после чего диатомит добывается экскаваторами. На этот вопрос следует обратить особое внимание и у нас как на Кольском полуострове, так и в районах полярной Сибири.

7) Типичным минералом приполярных тундр является вивианит—яркосиний фосфат торфяников. Хотя мы его знаем в очень больших количествах и в средних широтах под Москвой и в Белоруссии, но все же поразительно его обилие и сохранение в чистом виде без окисления, например в Большеземельской тундре, в ряде болот Таймырского полуострова и т. д. Этот минерал может быть рекомендован и как дешевая местная синяя краска и как удобрение для бедных фосфором полевых угодий.

8) Своеобразным, но совершенно неизученным соединением являются фосфаты, образующиеся из громадного количества скоплений гуано на птичьих базарах. Это соединение геохимически в полярных условиях не изучалось, хотя огромное количество накапливающихся фосфорных соединений не может пройти без влияния на субстрат. Если мы не можем ожидать здесь тех крупных скоплений фосфоритов, которые образуются из гуано на коралловых островах тропиков, то все же их изучение с точки зрения проблемы миграции фосфора представляет значительный

интерес. Еще в 1845 г. была предпринята попытка вывезти гуано с острова Колгуева для его использования как удобрения. На своеобразие этих процессов обращал внимание А. Н. Норденшильд—тонкий географ и минералог.

9) Но может быть самым замечательным минералом северных морей являются так называемые беломорские рогульки([9]), которые впервые были отмечены Н. Щегловым в 1924 г. и позднее неоднократно описывались Деклуазо, Соколовым, П. В. Еремеевым, П. Л. Дравертом, Е. Д. Ревуцкой и др. Эти образования вылавливаются сетями рыбаков из глубин Белого моря около Архангельска и иногда достигают 12 см длины при толщине 2.5 см. Кроме того они встречены в больших количествах в устьях многих полярных сибирских рек, а также в некоторых третичных и четвертичных породах Шпицбергена и Новой Земли. В Минералогическом музее Академии Наук мы имеем богатейшие собрания этого минерала, который остается для нас и сейчас загадочным. Обстоятельное описание его было сделано еще в 1882 г. П. Еремеевым, который определил рогульки как псевдоморфоры арагонита по целестину, хотя и отметил исключительное сходство их с кристаллами так называемого псевдогейлюссита.

Мы до сих пор не имеем точных указаний по этому вопросу, но несомненно, что Еремеев ошибался. Это в основном псевдоморфозы кальцита по какому-то минералу, скорее всего гейлюсситу ($Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 5H_2O$). Весьма вероятно, что они образуются в устьях полярных рек при впадении в богатый хлористым натрием океан вод, приносящих избыток углекислого кальция. Образование гейлюссита в илу этих устьев отвечает низкой температуре химических процессов и высокому содержанию углекислых солей. Подтверждением этому являются аналогичные образования в холодное время года в озерах пустынь Монголии вместе с содой и галитом.

Дальнейшая метаморфизация гейлюссита в чистый углекислый кальций весьма вероятна и отвечает бо̀льшей устойчивости последнего соединения. Мы должны подчеркнуть необходимость дальнейшего исследования этих замечательных образований, что должно быть сделано нашими океанографами и минералогами.

5. Мы видим из этого краткого обзора, что геохимия и минералогия полярных областей, даже в своих специфических минералах, представляют огромный научный интерес, намечая собой своеобразный комплекс низкотемпературных химических процессов. При этом нельзя однако забывать, что помимо этих образований в приполярных областях выявляются скопления космической пыли (криоконита), которые в других частях земли смешиваются с земной пылью и не улавливаются. Хотя до сих пор криоконит остается загадочным и малоизученным образованием, тем не менее его значение в общей геохимической истории земли нельзя отрицать. Изучение специфических полярных геохимических реакций заслуживает сейчас большого внимания. Кое-что в этом направлении за последние годы дали скандинавские и датские ученые (Л. Кох, Гёкбом, Бёггильд и др.).

Однако наибольшее значение должны приобрести эти работы у нас в Союзе, где изучение геохимии полярных районов с успехом уже начато рядом исследователей, и ценнейший материал для которых дадут данные станции «Северный полюс».

Поступило
14 V 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Ферсман, Геохимия России, (1922); Геохимия, II (1932), стр. 148 и др. [2] А. Ферсман, Природа, 15—32 (1926); А. Ферсман, ДАН 97—98 (1924). [3] И. Гинзбург, Сборник в честь акад. Вернадского, I, 251—266 (1936). [4] Э. М. Бонштедт, Минералы Хибин, 153—158 (1937). [5] П. Драверт, Проток. О-ва ест. Каз. ун-та, № 278, 40—49 (1911); Б. Поленов, там же, № 246, 1—9 (1908—1909); F. Wrangel, Reise d. Nordküstein Sibirien (1830). [6] А. А. Полканов, Вестник Геолог. комит., № 6, 22—28 (1927). [7] В. Зильберминц, ИРАН, стр. 104 (1914). [8] В. И. Вернадский, Опыт описат. минер., 1, 510 (1914); Игнатьевский, Горн. журн., 1, 184 (1832). [9] П. В. Еремеев, Зап. Мин. о-ва, XVII, 319 (1882); Н. Щеглов, Минералогия, 11 (1824). [10] А. П. Николаевский, Природа, I, 87 (1938).