**Геохимия**

Есть возникшее в глубине веков изречение: “Прежде чем считать звезды, посмотри под ноги”. По-научному его можно перефразировать так: “Изучая звезды и галактики, не меньше внимания стоит уделять земным недрам”, И не только с той целью, чтобы обнаружить в них новые полезные ископаемые. А также и затем, чтобы детально разобраться в том, как они, эти самые земные недра, формировались на протяжении миллиардов лет и какие закономерности управляли и управляют их формированием. Нашу планету часто именуют гигантской химической лабораторией. Мы бы уточнили: физико-химической, потому что наблюдаемое ныне распределение и состав тысяч горных пород и минералов - это результат действия многих и физических, и химических процессов. Они должны быть объектом исследования нескольких научных дисциплин. Среди таких дисциплин первое место, безусловно, принадлежит геохимии.

Что же это за наука? Если мы напишем такое “уравнение”: “геохимия = геология + химия”, оно, конечно, будет справедливым, но только отчасти. Геохимию часто рассматривают как некоторую гибридную научную область, возникшую на границе геологии и химии.

Но это, пожалуй, слишком приблизительное представление, хотя и ставшее общепринятым. Можно даже высказать слегка крамольную мысль, что сам термин “геохимия”, возможно, возник, в частности, потому, что в арсенале научных понятий не нашлось более подходящего. Он появился в последней четверти XIX в., и, скорее всего, его впервые употребил один из первых профессиональных геохимиков-американский ученый - Ф. Кларк.

Кларк рассуждал так: каждая горная порода, любой минерал-своеобразная химическая система. Под. действием различных агентов в ней происходят различные химические изменения. В результате возникает система, более устойчивая. Предмет геохимии состоит в изучении этих изменений.

Выдающийся русский и советский ученый В. И. Вернадский по праву считается одним из основателей современной геохимии. В 1927 г. он так расшифровал ее содержание: “Геохимия научно изучает химические элементы, т.е. атомы земной коры и, насколько возможно, всей планеты. Она изучает их историю, их распределение и движение в пространстве-времени, их генетические на, нашей планете соотношения”.

Вот здесь уместно заметить, что мы вовсе не так хорошо знаем планету Земля. Пожалуй, звездные миры и другие астрономические объекты или строение и свойства атомных ядер являются менее загадочными. Другой крупнейший советский геохимик - А. Е. Ферсман однажды очень тонко заметил, что если бы земной шар был величиной с арбуз, то наше проникновение в глубь его измерялось бы десятыми долями миллиметра. Недавно сверхглубокая буровая скважина на Кольском полуострове в России достигла одиннадцатикилометровой глубины, и, чем глубже проникает сверло бура, тем более неожиданными оказываются результаты исследования. Земная кора имеет толщину около 30 км под континентами и около 5 км под океаном. Ниже границы земной коры располагается во многом еще загадочный слой Мохо, названный так в честь сербского геохимика Мохоровичича. Ниже слоя Мохо до глубины 2900 км располагается мантия. И наконец, в середине, в центре планеты Земля, находится ядро. Но поводу строения мантии и тем более ядра, а также их хи- мического состава существуют лишь в той или иной мере обоснованные предположения. Потому-то экспериментальная геохимия пока оказывается довольно “поверхностной” наукой.

Остановимся на определении В. И. Вернадского, что современная геохимия изучает историю атомов химических элементов Земли, точнее сказать, земной коры. Сфера земной коры очень небольшая, на ее долю приходится всего 0,5% от общей массы планеты (на долю мантии-68,1%, на долю ядра- 31,4%).

Когда говорят о значении периодического закона Д. И. Менделеева, обязательно упоминают, что он имел и имеет важное значение для развития геохимии. В самом\* деле, современная геохимия, коль скоро она призвана изучать историю атомов химических элементов, немыслима без периодической системы и' теоретических представлений о строении атомов.

Еще в середине 20-х годов крупнейший геохимик из Норвегии В. Гольдшмидт предложил геохимическую классификацию : элементов, опирающуюся на менделеевскую таблицу. Он связал ее также с закономерностями построения внешних электронных оболочек атомов и ионов. В основных чертах эта классификация сохранилась и в наши дни.

В соответствии с ней все химические элементы разбиваются на четыре геохимические группы.

Самая многочисленная из них - первая, включающая 54 элемента, т.е. более половины элементов, существующих в природе. Они называются литофилъными, т.е. дословно в переводе с греческого яетра. означает “камнелюбивые”. Они составляют основу большинства горных пород и легко образуют кислородсодержащие минералы. С точки зрения строения атомов литофильные элементы имеют характерный общий признак: на внешней электронной оболочке их ионов содержится 8 электронов. Эти элементы в свободном состоянии в земной коре существовать не могут. Около 95% земной коры состоит из соединений литофильных элементов. Какие же, наконец, это элементы? Щелочные и щелочноземельные металлы, галогены, алюминий, кремний, углерод, титан, редкоземельные элементы, торий, уран и др.

Следующая по численности-группа халькофильных элементов (“меднолюбивых” в переводе с греческого). Их девятнадцать, и свое название они получили в связи с определенными свойствами меди, на которую они похожи в своем геохимическом поведении. Эти элементы отчетливо проявляют склонность образовывать природные соединения с серой и ее аналогами по группе периодической таблицы Д.И. Менделеева - селеном и теллуром. На внешней оболочке катионов халькофильных элементов содержится 18 электронов. К халькофилам принадлежат такие элементы, как медь, серебро, золото, цинк, ртуть, германий, свинец, сера; некоторые из них встречаются в природе в свободном виде.

Сидерофилъных (или “железолюбивых”) элементов одиннадцать. Многие из них встречаются в самородном состоянии. Это элементы VIII группы периодической системы Д. И. Менделеева: семейство железа и семейство платиновых металлов, а также молибден и рений. На внешней оболочке их ионов содержится от 9 до 17 электронов.

Всего 8 простых веществ, составляющих земную атмосферу, относится к атмофильным. элементам (водород, азот, кислород и благородные газы). Их атомы или ионы содержат на внешней оболочке 2 или 8 электронов.

Эта геохимическая классификация элементов оказывает большую помощь при изучении сложнейших процессов химической дифференциации различных веществ и соединений в толще земной коры и в метеоритах. Она объясняет распределение отдельных элементов по различным слоям Земли. Можно провести аналогию с плавкой шихты в доменной печи. При доменной плавке вверх удаляются газы, сверху расплава всплывает шлак, под шлаком накапливаются сульфидные соединения, а в нижней части домны образуется металлическое железо. Мы видим, что происходит как бы отчетливое разделение элементов па четыре геохимические группы. Наверху - газовая фаза (атмофилы), ниже - шлаки, скопление разных оксидов (литофилы), еще ниже - сульфиды (халькофилы) и, наконец, в самом низу - металлическое железо (сидерофилы).

Ученые полагают, что на заре своего образования планета Земля была холодной и лишь со временем составляющее ее вещество расплавилось под влиянием гравитационного сжатия и теплоты распада радиоактивных элементов. Земля стала представлять собой нечто вроде гигантской доменной печи. На ее “дне” - в самом центре планеты -оседали расплавленные железо, кобальт и никель, типичные сидерофильные элементы. От центра к поверхности располагались “сульфиды” и “шлаки”, составляющие мантию и земную кору. В состав земной атмосферы вошли выделявшиеся в ходе этой гигантской плавки газы - атмофилы. Затем начался процесс остывания, возникла “земная твердь”, появились водоемы. Вероятно, жизнь на Земле могла возникнуть лишь тогда, когда образовалась земная кора и появилась гидросфера - водная оболочка Земли.

В процессе “доменной плавки” образовывались многочисленные минералы и руды, изучение распределения и состава которых входит в задачи геохимии. Здесь она тесно связана с геологией. В XX столетии возникла еще одна научная дисциплина на стыке наук - биогеохимия. Основателем ее был В. И. Вернадский. Она изучает геохимические процессы, связанные с живым веществом. Живые организмы играют огромную роль в миграции атомов. Результатом деятельности живых организмов является образование еще одной оболочки Земли-биосферы. И наконец, назовем еще гидрохимию - химию гидросферы: она тоже ведь составная часть геохимии. Каждая из этих геохимических “ветвей” своими методами изучает историю атомов химических элементов. Существующая модель земного шара “земная кора – мантия - ядро” ныне общепринята. Более или менее установились представления относительно состава этих сфер Земли. Правда, достижения экспериментальной геохимии в последнее время несколько поколебали сложившиеся представления. При бурении скважины на Кольском полуострове выяснилось, что температура земных недр растет с глубиной быстрее, чем это предполагалось; несколько иными оказались состав и строение пород, залегающих на больших глубинах.

А что же ожидает ученых дальше по мере проникновения в еще большие земные глубины?

По мере удаления от поверхности Земли увеличивается сжатие, которому подвергается вещество. Расчеты показывают, что в земном ядре давление должно достигать 3 млн. атм. При таком колоссальном постоянно действующем давлении очень многие вещества как бы металлизируются, переходят в металлическое состояние. Появлялась даже гипотеза, что ядро нашей планеты состоит из... металлического водорода. (Кстати, не так давно в США ученым удалось получить водород в металлическом состоянии.) Все это очень проблематично, но если считать, что Земля имеет железоникелькобальтовое ядро, то свойства этих металлов в условиях колоссальных давлений должны быть необычными. При таких сжатиях могут наблюдаться и еще более удивительные явления: может изменяться электронная структура атомов химических элементов, прежде всего внешние электронные оболочки.

Каждый из вас без труда изобразит строение атома калия. У него 19 электронов: два на К-оболочке, восемь на L-оболочке, а также восемь на М-оболочке и один электрон на внешней N-оболочке. Но, как известно, М-оболочка остается еще не заполненной и располагает десятью “вакантными” местами. Теоретики предполагают, что при сверхвысоких давлениях единственный электрон из внешней оболочки атома калия может быть перемещен на одно из свободных мест в предыдущей недостроенной оболочке. Образуется необычный атом: он имеет заряд ядра такой же, как у калия, ядро атома остается неизменным, но электронная конфигурация перестраивается. В ней вместо четырех оболочек оказывается три, распределение электронов в которой 2-8-9. Если бы такой “неокалий” удалось каким-то образом приготовить в лаборатории и сохранить его в таком необычном состоянии, то, очевидно, свойства его оказались бы весьма своеобразными. Ведь химические особенности элементов зависят прежде всего от строения внешних электронных оболочек их атомов. Вполне допустимо и подтверждается расчетами, что на больших глубинах такого рода электронные перестройки реальны и там действительно могут существовать атомы разных химических элементов с необычными электронными конфигурациями. Поэтому сейчас уже можно говорить о новой области геохимической науки - геохимии высоких давлений.

Многие задачи решает современная геохимия. Особенно велика ее роль в поисках полезных ископаемых. Но не менее важно и одно из ее теоретических значений - создание важнейших обобщений относительно эволюции вещества Земли в связи с эволюцией атомов в космосе. Ведь химический состав нашей планеты -это своеобразное отражение давно протекавших космических процессов, в том числе образования химических элементов в звездах. Геохимическая история атомов на Земле тесно связана с их историей космической, которую изучает наука космохимия.