

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РОЛИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В. А. Буряк
ИКАРП ДВО РАН, г. Биробиджан

Прошедший век, особенно последние 40 лет, ознаменовались целой серией весьма важных открытий в различных сферах, прежде всего в области теоретической и прикладной физики, математики, генной инженерии, биохимии и геохимии. Многие прежние представления, казавшиеся незыблемыми оказались несостоятельными либо нуждающимися в существенной корректуре.

Два решающих фактора обусловили это:

- смещение большей части исследований на атомарные, нейтронно-протонные и изотопные уровни;
- широкое использование принципиально новых методов определения малых содержаний различных природных элементов, прежде всего на основе атомных реакторов и нейтронно-активационных источников, позволяющих определять содержания любого элемента в различных средах на уровне $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}\%$, т.е. на уровне кларковых или на 1-2 порядка ниже их.

Привлечение новых методов и методик исследований привело, как следствие, и к получению новых результатов.

Остановлюсь на некоторых из них, представляющих наибольший интерес применительно к тематике работ ИКАРП ДВО РАН.

Первое. О классификации природных химических элементов на биогенные и абиогенные, т.е. на содержащиеся в животных и растительных организмах и не содержащиеся в них.

В различных учебниках, особенно 20-40-летней давности и в подавляющем большинстве современных, в обширной научной литературе химические элементы подразделяются на биофильные и абиофильные. В частности, такая классификация была предложена А.И. Перельманом (1979) и многими широко используется по настоящее время.

Известный зарубежный специалист Дж. Хьюи в 1987 г., например, писал: "...редкие элементы не используются живыми организмами, поскольку они малодоступны".

Современные данные однозначно доказывают, что это не так: все элементы входят в состав живого организма, все они биофильны и выделение абиофильных неправомерно; разница лишь в количестве. Живым организмом накапливаются, прежде всего, те элементы, которые широко распространены в космосе и земной коре, т.е. наиболее доступные атомы, способные к образованию устойчивых химических связей. Это O, C, H, Ca, K, Na, Si, Mg, P, S, Cl, Fe. Другие элементы присутствуют в значительно меньших количествах. По данным А.П. Виноградова при этом на долю кислорода приходится 70%, а углерода - 18%, водорода - 10,5%. На долю Ca - примерно 0,5%, на другие элементы еще меньше.

Проявляется важная особенность, обращающая на

себя особое внимание, – обратная зависимость между ролью того или иного элемента в устойчивости организма и его распространением в природе: *чем элемент менее распространен, тем более высоко значение единицы его содержания для активности и устойчивости организма*. В этом отношении устанавливается аналогия с ролью редких и рассеянных элементов в металлоизделиях и в целом в металлургическом производстве: как в тех, так и в других случаях они выполняют роль "легирующих" добавок, резко повышающих "устойчивость".

Дефицит в организме любого элемента, в том числе редкого или рассеянного, приводит к серьезному заболеванию и гибели. Молодой, здоровый организм содержит редких химических элементов существенно больше, чем больной.

Естественно, для оптимального функционирования должно содержание любого элемента быть вполне определенным. Это общеизвестно, на этом основана агрохимия. Неблагоприятны как низкие, так и особенно, высокие содержания. Достаточно однозначно установлено это на примере различных элементов, в том числе Au, Ag, Mo, Cu, P, Fe, F, Br, J и др. В связи с этим, график устойчивости любого живого организма, растительного или животного, в зависимости от содержания изучаемого элемента имеет резко выраженный левоасимметричный характер. Нарушение этого баланса в природе приводит ко многим заболеваниям, в том числе эндемическим, типа урловской болезни, хорошо известным биохимикам, биологам, зоологам и, в меньшей мере, медицинским работникам.

В принципе, имея полный химический анализ организма или части его (например, волос человека, состава крови и др.), можно говорить о предрасположенности к тем или иным заболеваниям и, вообще, об общей устойчивости.

К сожалению, этот способ из-за малой доступности и дороговизны анализов (они выполняются на базе атомных реакторов) в настоящее время еще практически не используется в медицине, но, можно полагать, за ним будущее.

Второй важный момент, дополняющий первый, - об *общей роли живых организмов в создании природных повышенных концентраций многих элементов и формировании месторождений полезных ископаемых самого широкого профиля* - от углеводородного сырья (нефти, газа, угля) до различных металлов и металлоидов, в том числе золота, платиноидов, урана, молибдена, марганца, железа и многих других.

Растительные и животные организмы, оказывается, способны прижизненно накапливать в своем составе повышенное количество многих элементов, особенно ме-

таллов. Поражает “любовь” многих организмов к металлам, особенно к таким, как золото, платина, медь, серебро, т.е. к группе “благородных” металлов. При этом характерна разновыраженная, неодинаковая “любовь” различных организмов к разным элементам. Одни организмы накапливают железо, другие - марганец, третьи - золото, четвертые - кремний, пятые - кальций и т.д.

На этом основаны биохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых, к сожалению еще слабо используемые в практике извлечения металлов из раздробленных руд, особенно привлечение внимания в последнее время при добыче урана и золота. Кстати, эти методы применительно к золоту впервые были разработаны и предложены в России, в Иркутске Е.Д. Коробушкиной (1975), но, к сожалению, реализованы не в России.

Именно живые организмы, прижизненно накапливая различные металлы и органические соединения, приводят в последующем, при преобразовании осадков, содержащих их останки, не только к образованию месторождений нефти, газа, но и, как недавно установлено, образованию крупных и самых крупных месторождений рения, золота, платины, палладия, иридия, осмия, урана и ряда других ценных металлов.

Кстати, одни из наиболее крупных золотых и золотоплатиноидных месторождений обязаны в своей первопричине именно этим процессам. До недавнего времени считалось, что подобные месторождения образуются за счет прямого поступления металлов в момент их формирования из глубинных недр - магматических очагов.

По этой же первопричине месторождения металлов, например, золота, ассоциируют с проявлениями нефти и (или) газа, что ранее, и еще в наше время, у многих вызывает недоумение.

Следующий, **третий вывод** - относительно *временной эволюции содержания металлов в растительных и животных организмах*, т.е. их металлоемкости.

Величина содержания элемента в живом организме не является постоянной, а эволюционирует во времени, в том числе в истории эволюционного развития Земли. Это отмечается и применительно к разновозрастным “слоям” земной коры и геологических образований. Более того, именно это является определяющим фактором в эволюционном изменении содержания микроэлементов в живых организмах.

Содержание таких металлов, как Fe, Mn, Mg, Cr, Ti, V, именуемых геохимиками сидерофильными, в живых организмах по мере эволюционного развития Земли уменьшается, а содержание таких элементов, как Sn, W, Mo, Au, Ag, Pt, Pb, Re, Os, наоборот, возрастают. Чем более устойчив организм и чем более высокое место он занимает в эволюционном развитии, тем, как правило, выше содержание в них этих “легирующих металлов”.

Человеческий организм, занимающий высшее место в эволюционном развитии, характеризуется наиболее высоким содержанием многих элементов, особенно золота, в сравнении с другими организмами. Более того, все живое “любит” золото, накапливает его.

Удивительная аналогия биологических и социальных “потребностей”!

Наиболее высоко котируемые продукты питания - пшеница, рожь, кукуруза, виноград, морская рыба, определенные разновидности моллюсков, имеют повышенные содержания Аи и других микроэлементов.

Четвертое. О классификации химических элементов по их растворимости. Как известно, в настоящее время они подразделяются на легко растворимые, умеренно растворимые, плохо растворимые и практически не растворимые.

К последним относится группа так называемых благородных металлов - серебро, золото и платиноиды, а также в определенной мере - цирконий, титан и ряд других.

Во всех учебниках и справочниках написано, в частности, что золото и платиноиды за крайне редким исключением не растворимы в агрессивных средах, в том числе в различных кислотах. Так ли это в действительности?

Так, но только применительно к техногенным процессам, т.е. к тем процессам, которые протекают кратковременно - в течение нескольких часов, суток, лет или десятков лет. На этом основано широкое использование этих элементов в различных отраслях производства. Однако в природных процессах, протекающих длительно - десятки-сотни-тысячи лет, все элементы, включая благородные, растворяются и довольно хорошо. Их нельзя именовать нерастворимыми.

Особенно поражает высокая природная растворимость золота: оно растворяется в самых различных средах и выпадает из растворов одним из последних. Показательные примеры - находки позолоченных старых лопат, кайл в старых выработках золотодобычи, повышенные содержания золота в нижних частях зон окисления. Показатель этого же - открытие в последние 15-20 лет целого ряда новых промышленных типов месторождений серебра, золота, платиноидов, циркония и др. металлов, свидетельствующих о высокой растворимости их в самых различных средах.

Решающую роль при этом играет кислород биосферы - наиболее распространенный элемент земной коры, главный окислитель. Он активно вытесняет золото при эволюции магматических расплавов (от основных и ультраосновных к кислым), осадков, горных пород и минералов.

Исходя из традиционных представлений классической химии, наличие таких месторождений трудно было предполагать (имею в виду, прежде всего, месторождения, обусловленные в решающей мере гипергенными процессами).

Именно применительно к такого типа месторождениям известный специалист в области изучения месторождений А.Д. Щеглов в 1972 г. писал: “Геологи в ряде регионов психологически не были подготовлены к открытию новых типов месторождений... И в этом большой просчет наших ученых...”. Уточняю: не были подготовлены исходя из представлений классической химии.

Пятое. О типе эволюционного развития Земли и типоморфных для нее процессов.

Принято считать, что все в природе повторяется, т.е. развивается по кругу. Есть даже такое выражение - “все возвращается на круги своя”. Но в действительности это

не так. Земля в целом и все характеризующие и составляющие ее процессы и образования развиваются эволюционно, направленно не по кругу, а по *восходящей спирали, близкой к кругу*, все более ускоряющейся.

В соответствии с этим, литофильные и халькофильные элементы, такие как K, Al, Si, O, Sn, W, Mo, Au и Ag, все более накапливаются в земной коре и, как следствие, в растительных и животных организмах. При этом важно подчеркнуть, что время прохождения отдельной спирали все более сокращается. Как следствие - месторождения полезных ископаемых формируются в более короткий срок, а древние месторождения отличаются от молодых.

Такая же закономерность довольно четко установлена для K, W, Hg, Bi, Sb и многих других металлов. В то же время содержания Ti, Fe, V, Mn, Cr, Ni, Co, Mg все более уменьшаются.

Какие из этого следуют выводы?

На первый взгляд кажется, что сказывается только общетеоретический, сугубо научный характер. Однако это далеко не так. Опираясь на эти теоретические выводы, можно сделать целый ряд очень важных практических заключений. В частности, можно говорить, что наиболее молодые геологические образования земной коры имеют, при прочих равных условиях, наиболее высокое содержание большинства ценных металлов (прежде всего литофильных) и именно среди них следует искать их промышленные концентрации. Вышеуказанная тесная биохимическая связь этих элементов с живыми организмами позволяет уточнить эти представления. Можно утверждать, в частности, что высокое содержание золота, платиноидов, урана и многих других металлов следует, скорее всего, ожидать среди наиболее молодых геологических образований, насыщенных органикой, т.е. остатками живых организмов – животных или растительных. Это различного типа глины, илы, морские отложения.

Так ли это? Многочисленные фактические данные подтверждают правомерность такого предположения. При прочих равных условиях именно пачки молодых глинистых пород, насыщенных органическими остатками, именуемые в практике работ геологами “черносланцевыми”, характеризуются наиболее высоким содержанием многих металлов, в том числе урана, золота, рения, палладия, платины, иридия, осмия, германия, серебра, меди, молибдена и целого ряда других металлов.

Это реальные месторождения ближайшего будущего! Именно на их выявление и оценку в последнее время направлены большие усилия российских и зарубежных ученых под эгидой “ЮНЕСКО” по линии Международного проекта № 254 “Металлоносность черных сланцев (black shales)”, в котором автору пришлось участвовать в роли вице-президента. Получены важные практические открытия. Выявлен и успешно разведан целый ряд новых промышленных месторождений, в том числе крупных и весьма крупных.

Но и это не все. Опираясь на общетеоретический вывод о концентрации многих металлов преимущественно в наиболее молодых отложениях, можно, например, более успешно подойти к выявлению повышенных концентраций металлов в продуктах сжигания и переработки

углей и нефти и их утилизации.

Выполненные исследования в России и за рубежом, в том числе в США, показывают, что в целом ряде случаев зола угля и нефти содержит в повышенных количествах, заслуживающих внимания многие металлы, что согласуется с их биофильными свойствами. Особенно привлекают обнаруживающиеся повышенные содержания золота и металлов платиновой группы – платины, палладия, иридия и осмия, имеющих большие цены на международных рынках.

Исходя из приведенного вывода о накоплении таких металлов преимущественно в наиболее молодых образованиях, обогащенных органикой, можно ожидать, что повышенные содержания Au, платиноидов и других металлов, скорее всего, будут в золах наиболее молодых углей и нефти. Пока это вопрос еще не изучен. Начали появляться только первые данные (тщательно скрывающиеся зарубежными компаниями, поскольку это сулит большой экономический эффект). Но уже они подтверждают правомерность такого предположения. Именно наиболее молодые кайнозойские месторождения углей и нефти окажутся, скорее всего, наиболее обогащенными многими металлами. А именно такие угли и нефти характерны для Дальневосточного региона! Здесь мы имеем наиболее молодую по возрасту нефть и месторождения углей. То же можно сказать и относительно ряда других важных элементов, например, германия и рения. В нашей стране они установлены в повышенных количествах в наиболее молодых пластах углей и вулканических экзальациях Сахалина и Курильских островов.

Прежде всего, в этом отношении внимания заслуживают молодые угли и нефть Сахалина, Приамурья и шельфа Дальнего Востока, по существу, только еще вовлекаемые в разработку. Целесообразно поставить соответствующие исследования, которые позволяют извлекать названные металлы.

Шестое. Условия формирования промышленных месторождений различных металлов и неметаллов.

Совсем недавно - до середины 70-ых гг. прошедшего столетия устойчиво доминировали представления, согласно которым подавляющее число месторождений большинства металлов возникло за счет магматических процессов типа тех, которые проявляются в настоящее время в виде действующих вулканов. Их именовали и продолжают еще многие именовать эндогенными, т.е. рожденными глубинными (эндогенными) процессами. Исходя из этого, ориентировалась и определялась методика геолого-поисковых и разведочных работ. Прежде всего, это касалось таких важных металлов как Au, Ag, Mo, W, Cu, Zr, Hf, J, Os, J, Re, Ge, Rb и др.

В настоящее время установлено, что все химические элементы, в том числе так называемые благородные металлы, растворимы и достаточно подвижны в природных условиях (в отличие от техногенных). Это приводит к образованию их минералов и месторождений самого различного генезиса. Широко проявлены явления конвергентности – образование одних и тех же минералов и месторождений одинакового состава в итоге различных процессов, не только собственно геологических, но и биоло-

гических и космических. Известно, например, большое число биогенных минералов: более 25 среди животных организмов и 4-11 среди растений (11 - среди простейших, 7 - среди высших растений и 4 - среди грибов). Золото, как самородный минерал, установлено в животном белке и зернах кукурузы, в различных микроорганизмах. Цирконий, считавшийся до самого недавнего времени инертным элементом, также способен накапливаться в виде различных содержащих его минералов в микроорганизмах (Буряк и др., 1999).

В соответствии с этим, диапазон условий формирования промышленных месторождений минерального сырья становится все более широким. Выявляются все новые и новые генетические типы месторождений, именуемые "нетрадиционными". По мере дальнейшего научно-технического прогресса число и разнообразие их будет все более возрастать.

В целом, подводя итоги сказанному, опираясь на выявленные закономерности миграции элементов в биосфере, можно констатировать:

1. эволюция в неживой природе (как и в живой) носит необратимый характер. Миграция большинства металлов в Земле происходит не по замкнутому кругу, а по сужающейся спирали, приводящей к все большему обогащению ими земной коры и, как следствие, растительных и животных организмов, к более быстрому протеканию различных явлений. *Время все более ускоряется*, если так можно выразиться.

2. металлоемкость растительных и животных организмов все более возрастает. Можно полагать, что это является одной из основных причин, обуславливающих все большую устойчивость и приспособляемость их к условиям внешней среды;

3. металлы, особенно редкие, в умеренных количествах выступают для живых организмов в роли своеобразных "легирующих" добавок, по аналогии с таковыми в металлургическом производстве;

4. это касается и человека, как одного из представителей животного мира. Все возрастающая средняя продолжительность жизни отдельных индивидуумов, возраста-

ющий рост его физических способностей обусловлены, можно полагать, в большой мере именно общей эволюцией Земли, в том числе возрастающим накоплением различных металлов, выступающих в роли "легирующих" добавок;

5. все химические элементы в природных условиях (в отличие от техногенных), растворимы и подвержены миграции. Все они биофильны. Условия образования их промышленных концентраций (месторождений) весьма разнообразны. В связи с этим выявляются и будут выявляться в будущем все новые и новые "нетрадиционные" типы месторождений.

На это следует обратить особое внимание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буряк В.А., Рянский Ф.Н., Хмелевская Н.М. Геохимическая специализация как основа при медико-биологическом и эколого-ландшафтном районировании (на примере АТР). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 1993. 78 с.
2. Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. Владивосток: Дальнаука. 1998. 402 с.
3. Буряк В.А., Беспалов В.Я., Гагаев В.Н., Зарубин Б.А., Троян В.Б. Новый геолого-промышленный тип циркониевого оруденения. Хабаровск: Изд-во ДВИМСа. 1999. 216 с.
4. Вернадский В.И. Избранное сочинение: Т.2. М.: АН СССР, 1955. 615 с.
5. Справочник по геохимии / Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. М.: Недра, 1990. 480 с.
6. Коробушкина Е.Д. Микроорганизмы золоторудных месторождений и их роль в растворении золота // V Съезд Всес. микробиологич. общ-ва: Секция: «Экология микроорганизмов»: Тезисы докл. Ереван, 1975. С. 36-37.
7. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. М.: Недра, 1988. 253 с.
8. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979.
9. Шило Н.А. Учение о россыпях. М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. 631 с.