

- комплексное исследование Арктики: исследование сибирского арктического шельфа как источника парниковых газов планетарной значимости, количественная оценка потоков и выявление возможных экологических и климатических последствий для планеты;
- интеллектуальная нефтепереработка: разработка концепции модернизации промышленных российских установок каталитической переработки тяжелого нефтяного сырья, основанная на применении новых математических моделей процессов переработки, повышение ресурсоэффективности нефтеперерабатывающих заводов России;
- зеленая химия: получение новых функциональных материалов на основе переработки углеводородного и растительного сырья, в том числе из отходов производств, с применением нетоксичных веществ и соединений, создание Smart материалов для сенсорных технологий;
- водные ресурсы и охрана окружающей среды: сохранение и улучшение здоровья населения планеты, изучение биогеохимического действия нормируемых в питьевых водах химических элементов и обоснование процессов и механизмов их накопления в природных водах разных ландшафтно-геохимических обстановок.

За прошедший год у Института много достижений. Среди них – первый выпуск магистров совместной с Университетом Ньюкасла (Великобритания) программы подготовки магистров по профилю «Управление разработкой месторождений нефти и газа на шельфе»; старт на европейской платформе массового открытого онлайн-курса по минералогии «Myths And Facts About Rocks» («Мифы и реальность камня»), на который зарегистрировались более 1200 слушателей из 17 стран мира. Недавно курс стал доступен и на русском языке. Был восстановлен Центр учебных геологических практик в Хакасии, пострадавший в результате весенних пожаров 2015 года. Мы отметили 85-летний юбилей кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии, впереди нас ждет 70-летний юбилей кафедры геофизики. Реализуется проект «Сибирский арктический шельф как источник парниковых газов планетарной значимости» (рук. проф. И.П. Семилетов). Арктическая научно-исследовательская экспедиция (18 марта – 3 апреля 2015 г.) прошла с участием наших аспирантов.

Среди выпускников Института 2015 года – «Лучший выпускник России» и «Лучший выпускник мира». Наши магистранты стали обладателями звания «Золотой наследник» Мирового нефтяного совета и медали Российской академии наук – одной из самых высоких наград для научной молодежи в масштабах страны. Студенты и сотрудники Института стали лауреатами творческих конкурсов и победителями спортивных состязаний. Старшеклассники, обучающиеся в Школе юных геологов ТПУ, победили на Всероссийской полевой олимпиаде юных геологов в Тюмени.

Сегодняшние студенты, молодые ученые и выпускники объединены одной целью – инновационно-практическим решением задач недропользования, экологии и переработки полезных ископаемых и достойно продолжают историю и традиции старейших факультетов. Это позволяет нашим выпускникам смело смотреть в будущее, а нашему Институту заслуженно считаться одним из лидирующих в своей отрасли.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КАК ОБЪЕКТ ГЕОЛОГИИ

С.Л. Шварцев, профессор

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Окружающий мир непрерывно изменяется. Почему? Ответ на этот вопрос ищет и геология. Долгое время считалось, что мир не меняется или меняется только под влиянием катастроф. Но постепенно благодаря трудам многих геологов, стало очевидным, что все-таки изменения в окружающей среде происходят, но процессы и механизмы, которые ведут к этим изменениям, остаются неизменными. Это базовое положение принципа актуализма (униформизма), которое достаточно долго применялось в геологии. Наконец, только в середине XX в. на смену униформизма в литологии, а позже и других геологических науках пришло фундаментальное учение об эволюции геологических процессов – «перспективное как с мировоззренческой, так и с практической точки зрения» [9].

Но в геологии как в России, так и за рубежом, под геологической эволюцией понимаются изменения, протекающие под действием внешних факторов, таких как снижение во времени интенсивности мантийного теплового потока, увеличение массы континентальной коры, сокращение площадей с мобильным тектоническим режимом за счет расширения участков со стабильной корой, эволюция жизни, нарастание интенсивности окислительных процессов, изменение состава атмосферы, гидросферы и т. д. При таком подходе остаются неясными механизмы эволюции, их внутренняя природа, даже ее наличие ставится под сомнение, не ясна связь геологической эволюции с биологической (есть ли она вообще?). Поэтому каждая из этих форм эволюции существует независимо одна от другой. Все это тормозит развитие науки, затрудняет решение многих биологических и геологических проблем. Но так ли это на самом деле?

Чтобы ответить на этот непростой вопрос, мы в течение многих лет занимаемся проблемой взаимодействия воды с горными породами, в первую очередь с алюмосиликатами [1, 5]. В результате нам удалось выяснить, что система вода - горная порода обладает свойствами диссипативных структур и способна к геологически длительной эволюции, поскольку вода всегда неравновесна с магматическими минералами, которые она непрерывно растворяет, и равновесна с теми вторичными минералами, которые она образует. Более того, в природе имеются минералы, с которыми установление равновесия между ними и водным раствором в принципе невозможно и оно действительно в природных условиях не наблюдается. Оказалось, что к таким

минералам относятся силикаты и алюмосиликаты Ca, Mg и Fe - основные минералы базальтов, изначально образовавшие нашу планету.

Факт невозможности установления равновесия в системе вода - базальт имеет исключительно важное значение, т.к. отражает главное противоречие, положившее начало механизмам глобальной эволюции, которая началась в системе вода-порода, а позже продолжилась в системе вода - органическое вещество [7].

Причина этого явления состоит в том, что поступающие из базальтов в раствор химические элементы связываются новыми минеральными соединениями, формирующимися в этой системе: оксидами, гидроксидами, глинами, карбонатами, цеолитами и т.д. Перечисленные вторичные минералы выступают геохимическими барьерами на пути установления равновесия подземных вод с первичными минералами базальтов. Поэтому вода всегда неравновесна с минералами базальтов, которые она непрерывно растворяет и формирует новые и новые образования, ассоциирующие со строго определенным геохимическим типом воды.

Принципиально важно, что растворение одних минералов и формирование других происходит под действием не внешних, а только внутренних факторов. Вода всегда растворяет базальты потому, что таково ее строение и состав, которые несовместимы со структурой базальтовых пород. Именно особенности внутреннего строения воды определяют сущность и характер ее взаимодействия с базальтами и другими алюмосиликатами, которое породило абиогенную эволюцию минерального вещества [4].

Главной движущей силой такой эволюции выступает постоянная неравновесность воды с ведущими минералами пород эндогенного генезиса. Эта неравновесность определяет изменение состава раствора, а значит и вторичных минералов, поскольку изменение состава воды со временем ведет к изменению и состава вторичных минеральных комплексов. Состав же воды определяется временем взаимодействия воды с горными породами. Поэтому оказалось, что время является главным фактором, определяющим состав вторичных образований [8].

Благодаря этому в верхней части земной коры, там, где находится жидкая вода, развивается один из наиболее масштабных процессов мобилизации водой химических элементов, преобразования одних горных пород в другие, непрерывного формирования новых геохимических типов воды, новых минералов и гидрогенно-минеральных комплексов. Все это в конечном итоге ведет к грандиозному изменению минерального вещества и состава воды, изначально сформировавших нашу планету. Следовательно, вода с горными породами формирует уникальную систему, которая способна к длительной геологической эволюции даже без участия живой материи.

Независимость от внешних факторов взаимодействия воды с горными породами наличие в рассматриваемой системе механизмов внутренней эволюции обеспечивают единое целое системы, ее внутреннюю обособленность от внешней среды в условиях притока вещества и энергии, поскольку мы имеем дело со стационарной системой. Благодаря наличию таких внутренних механизмов, система самостоятельно развивается в соответствии с законами термодинамики, контролирует направленность своей эволюции, скорость, последовательность и стадийность образования новых вторичных продуктов, их состав, соотношение элементов в растворе и твердой фазе, смену одного продукта другим и т.д.

Важно подчеркнуть, что формируемые в процессе гидролиза базальтов вторичные минералы по основным своим параметрам - составу, структуре, консистенции, твердости, удельному весу и т.д. - принципиально отличаются от минералов, растворяемых водой [6]. Они являются продуктом эволюции раствора, т.е. сформированы водой из элементов, которые поступили в раствор из различных минералов магматического генезиса по механизму гидролиза (табл.).

Таким образом, между базальтами и водой существует глубокое противоречие, которое приводит к непрерывному растворению этих пород и образованию принципиально иных. Иначе говоря, между водой и породой всегда имеет место энергетический барьер, благодаря которому порода всегда растворяется. Сам факт помещения горной породы в водный раствор приводит к ее растворению. Следовательно, растворение – это сила, которая обеспечивает непрерывность эволюции. Тем самым мы считаем, что найдена сила, которую искал еще Ж.-Б. Ламарк и называл ее жизненной силой. Такой силой оказалось растворение, поскольку вода обеспечивает разрыв связей между ионами и молекулами в твердом теле и переход их в раствор [7].

После появления жизни на нашей планете началась биологическая эволюция, которая унаследовала основные черты абиогенной, особенно все то, что связано с водой. Так, появившись в результате фотосинтеза, молекулы растительного происхождения оказались в той или иной водной среде, в которой уже шло образование минеральных соединений. Сформированная ранее динамически стабильная и термодинамически устойчивая среда при появлении, хотя и простых органических молекул типа CH_2O , получила возможность формировать более сложные и более устойчивые в конкретных условиях среды органические образования. Так появление фотосинтеза запустило новый гигантский процесс формирования растительности, состоящей в основном из целлюлозы, синтез которой вероятно был одним из наиболее ранних.

Такие процессы протекают в условиях равновесно – неравновесного состояния системы вода – органическое вещество, которая развивается в области, далекой от равновесия. Таким путем обеспечивается синтез в водном растворе сложных органических соединений, что гарантирует их стабильность в строго определенных биохимических средах. Следовательно, растения получают солнечную энергию в процессе фотосинтеза, а питательные вещества из воды, которая в свою очередь берет их из горных пород или атмосферы. Так организуется взаимодействие всех основных компонентов окружающего мира: воды, породы, газов и органических соединений. Но и здесь вода остается главным фактором внутренней эволюции, так как она контролирует состав образующихся соединений, характер среды, энергетическое состояние системы, направленность эволюции, растворение одних органических соединений и синтез не только новых образований, но и целых органов [6].

Таблица

Перечень ведущих минералов Ca, Mg и Fe, растворяемых и формируемых водой

Элемент	Минералы, непрерывно растворяемые водой	Минералы, непрерывно формируемые водой	
		Название	Формула
Кальций	Анортит	Кальцит	CaCO_3
	Битовнит	Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
	Лабрадор	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Геденбергит	Флюорит	CaF_2
	Диопсид	Са-монтмориллонит	$\text{Ca}_{0,17}\text{Al}_{2,33}\text{Si}_{3,67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
		Ломонтит и др.	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
		Шабазит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Магний	Форстерит	Магнезит	MgCO_3
	Энстатит	Доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
		Mg-монтмориллонит	$\text{Mg}_{0,17}\text{Al}_{2,33}\text{Si}_{3,67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
		Тальк	$\text{Mg}_6\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
		Хлорит	$\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
Железо	Фаялит	Гетит	FeOOH
	Ферросилит	Лимонит	$\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$
		Гематит	Fe_2O_3
		Магнетит	Fe_3O_4
		Сидерит	FeCO_3
		Ферроглаукофан	$\text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
		Дафнит	$\text{Fe}_4\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Животные, в отличие от растений питаются не только водой, но и растительной и мясной пищей, которая неравновесна со средой живого организма и не может усваиваться без предварительного перевода ее в растворенное состояние. Для этого у животных имеется специальная система – желудочно – кишечный тракт. Только в растворённом состоянии ионы и молекулы поступают непосредственно в организм, у теплокровных животных - в кровь. В конечном счете, любой живой организм непрерывно получает пищу в растворённом виде. Увеличение концентрации в водной среде организма разных соединений обеспечивает образование зародышей многочисленных сложнейших органических веществ в строгом соответствии с законами термодинамики. Здесь главным фактором опять же выступает состав раствора, а все формирующиеся вторичные соединения равновесны со средой, в которой рождаются, и потому остаются устойчивыми в течение достаточно длительного времени. Именно эти соединения выступают строительным материалом для отдельных органов, резко отличающихся один от другого не только по составу, но и по морфологии, структуре, формам организации, упорядоченности и т.д.

Итак, каждая из трёх природных систем (царств), включая человека, создаётся водой путём взаимодействия с горными породами, газами и органическим веществом. Именно водный раствор в силу особых свойств представляет собой уникальную физико – химическую и биологическую среду, в которой ионы, молекулы, клетки получают возможность формировать новые, ранее не существовавшие на Земле твёрдые соединения, которые по мере усложнения состава раствора в ходе его эволюции в открытых, неравновесных, нелинейных и необратимых системах становятся всё более сложными (рис.).

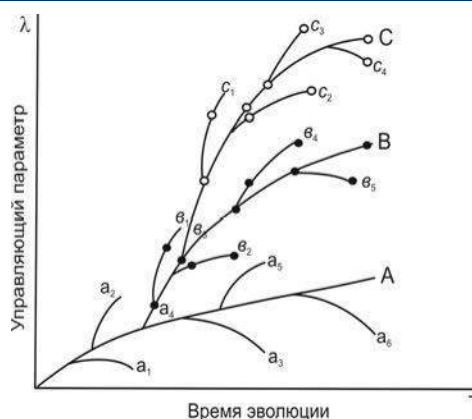


Рис. Схема последовательного усложнения состава водного раствора в ходе глобальной эволюции

Материнские системы: А – вода – порода; В – вода – растения; С – вода – животные
Дочерние системы: a_1 – a_n -ветви А; b_1 – b_n -ветви В; c_1 – c_n -ветви С

При этом эволюцию водного раствора можно разделить на три этапа: на первом усложнение происходит за счёт растворения горных пород (на рисунке ветвь А), на втором добавляется взаимодействие с продуктами фотосинтеза (ветвь В), на третьем – процесс растворения поступающей в организм животного и человека пищи (ветвь С). Таков, по нашему мнению, основной механизм глобальной эволюции, включая геологическую ветвь. Без воды никакое усложнение невозможно, следовательно, эволюция вещества на Земле является результатом непрерывного усложнения состава водной среды и отдельных вторичных продуктов, строительным материалом для которых первоначально выступают вода, горные породы и газы (CO_2 , N_2 , O_2 и др.), а затем – органическое вещество.

Эволюция базируется на тесном гидродинамическом и химическом взаимодействии всех компонентов системы В.И. Вернадского: воды, породы, газа и органического вещества [2]. Вода играет в эволюции ключевую роль, поскольку является неизменной составляющей той среды, которая определяет принципиальную возможность усложнения вновь возникающих соединений, относящихся как к неживой, так и к живой материи. Можно сказать, что «власть жизни», выделенная Ж.Б. Ламарком в качестве созидательной природной силы, существует везде, где имеется вода, и проявляется в очень простой форме – способности растворять одни соединения и формировать другие, не похожие на растворимые. Поскольку вода пронизывает все геологические и биологические образования, граница живого с неживым не может прочерчиваться столь резко, как это было сделано Ж.Б. Ламарком. Также нельзя согласиться с представлением об эволюции как случайном и уникальном событии, поскольку выявленная сила эволюции – фундаментальное и неотъемлемое свойство водных растворов, проявляющееся всегда и везде. В природе нет сил, которые могли бы лишить воду способности растворить уже имеющиеся в окружающей среде соединения и формировать принципиально новые, а значит, нельзя остановить грандиозный поступательный процесс преобразования мира, начавшийся на Земле с появлением воды. В соответствии с законами синергетики он протекает от простого к сложному [3].

Из всего сказанного, очевидно, что геологическая эволюция не просто является частью глобальной, она эту эволюцию породила благодаря особым свойствам воды. Позже вода явилась основой эволюции биологической. Более того она же связала эволюцию косной материи с живой и является главным веществом обеих этих образований.

Литература

1. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. – 244с.
2. Вернадский В.И. История природных вод. – М.: Наука, 2003. – 751с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 431с.
4. Шварцев С.Л. Внутренняя эволюция геологической системы вода-порода // Вестник РАН, 2012, №3, – С.242-251.
5. Шварцев С. Л., Рыженко Б. Н., Алексеев В. А., Дутова Е. М., Кондратьева И. А., Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода – порода. т.2. Система вода - порода в условиях зоны гипергенеза. – Новосибирск: Изд. СО РАН. 2007. – 389с.
6. Шварцев С.Л. Как образуются сложности? //Вестник РАН, 2014, т. 84, № 7, с. 618-628
7. Шварцев С.Л. Основное противоречие, определившее механизмы и направленность глобальной эволюции // Вестник РАН, 2015, том 85, № 7. – с.632–642.
8. Шварцев С.Л. С чего началась глобальная эволюция? //Вестник РАН, 2010, №3. – С.235-244
9. Яншин А.Л. Возникновение проблемы эволюции геологических процессов //Эволюция геологических процессов в истории земли. – М.: Наука, 1993. –С.9-20.