

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ**  
сборник научных статей



Москва - 1998

Е. П. Янин

## **Истоки, принципы и основные понятия экологической геохимии**

*Наука единая и все без исключения  
области ее ведения теснейшим образом  
между собою связаны.*

В.И. Вернадский

С геохимической точки зрения любые естественные образования - природное (геологическое) тело, экосистема, глобальная геосфера - определяются, прежде всего, своим элементарным химическим составом, т.е. количественным распределением химических элементов в слагающих их компонентах. Химический состав глобальной экосистемы - биосферы - в разных местах земной поверхности различен, причем, как отметил В.И.Вернадский [12], различен закономерно, и теснейшим образом связан с геологическим характером местности, с ее литологическим составом, со ступенями разных форм жизни, живое вещество охватывает и регулирует в области биосферы все или почти все химические элементы. Геохимическая неоднородность (гетерогенность) является характерной особенностью строения биосферы, основным ее проявлением. Установление закономерностей изменения химического состава биосферы, экосистем разного уровня организации и слагающих их компонентов в условиях антропогенного (техногенного) воздействия, обуславливающего еще большую дифференциацию геохимических полей, является важнейшей задачей современного естествознания.

Решение указанной задачи возложено на комплекс научных дисциплин геохимического профиля, среди которых называют геохимию антропогенеза, геохимию техногенеза, технобиогеохимию, техногенную геохимию, - геохимию окружающей среды, экогеохимию ландшафтов, биогеохимию окружающей среды. Возможно, что любое из приведенных выше названий, определений, по мнению их авторов, новую научную дисциплину, имеет право на свое существование. В.И.Вернадский, говоря о проблеме терминологии в науке, подчеркивал, что "название... безразлично и условно. Гораздо важнее факт, научное явление, здесь выявляющееся" [12, с. 41].

Геохимическое преобразование биосферы человеческой деятельностью - факт доказанный и общезвестный. Одной из научных дисциплин, призванных изучать данное явление, является экологическая геохимия, имевшая свой объект и предмет исследования, свои специфические методы и исследования, свои принципы и положения, наконец, свои цели, задачи и проблемы.

В.И.Вернадский, касаясь вопросов генезиса новых научных дисциплин, утверждал, что "новые науки... создаются по своим собственным законам; эти законы не стоят ни в какой связи ни с нашей волей, ни с нашей логикой". Именно поэтому "мы должны считаться с тем явлением, что ход зарождения дающегося процесса новой науки нам не ясен. Это есть для нас стихийное явление, естественноисторический факт, который подчиняется закономерному выявлению; он отвечает процессу развития человеческой мысли..." [15, с. 8-9]. С этой точки зрения, по мнению ученого, очень показательно зарождение и развитие геохимии, имевшей своей задачей изучение истории химических элементов в земной коре. Он писал: "Геохимия является последней наукой геологического цикла, которая выделялась в девятнадцатом столетии. Если мы посмотрим на ее историю, то мы сейчас же столкнемся с теми явлениями, которые характерны для всякого подобного процесса. Мы, современники, не в состоянии дать историю выделения этой науки. Мы видим проблему, которыми она занимается, мы знаем, что сейчас она вступила в область конструирования, но дать точные даты, выявить когда, собственно говоря, эта отрасль знания вышла на историческую арену человеческой мысли мы не можем" [там же, с. 9].

Возникновение и развитие научных дисциплин во многом диктуется насущными проблемами, обусловленными развитием общества, техники, хозяйства. Особенно актуальны проблемы, возникающие в процессе взаимодействия природы и общества. В.И.Вернадский, характеризуя необходимость развития геохимических исследований, отмечал: "Полодыя к научному изучению природы, мы никогда не должны и не можем забывать, что оно всегда неизбежно связано с практическим значением его в жизни человечества... Особенно это должно чувствоваться, когда мы касаемся вопросов геохимии, где культурная жизнь человечества является могучей силой, меняющей химические явления нашей планеты. Очевидно, что изучение хода развития роста геохимического значения человечества должно повести за собой и большее проникновение человека в понимание прикладного характера научной работы" [10, с. 21].

Важнейшей целью геохимии является детальное познание истории химических элементов, принимающих участие в основных процессах на Земле, которые в конечном счете контролируют состояние среды обитания

человека. В настоящее время скорость и направленность многих процессов нарушены или изменены в результате человеческой деятельности. Чтобы понять, оценить, контролировать эти процессы, необходимо изучить их на атомарно-молекулярном уровне. Именно в геохимии, имевшей экологическую основу (в широком понимании этого термина), заложены возможности открытия новых путей для расширения объема и углубления достоверности научных знаний об этих процессах, а следовательно, для практического применения ее законов и достижений.

В свое время В.И.Вернадский показал, что "живое вещество в биосфере играет основную активную роль и по своей мощности ни с чем, ни с какой геологической силой не может даже быть сравняемо по своей интенсивности и непрерывности во времени. В сущности оно определяет все основные химические закономерности в биосфере" [12, с. 220]. Это позволило ему обосновать положение о биогеохимических функциях живого вещества, которые распространяются на всю планету, не зависят от территориальных условий и химически отражаются на окружающей организм внешней среде. Оно нашло свое выражение в биогеохимических принципах, суть которых заключается в том, что, во-первых, биогенная миграция атомов химических элементов в том, что, во-вторых, биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к своему максимальному проявлению, во-вторых, эволюция видов идет в направлении увеличения биогенной миграции атомов в биосфере. Оба принципа, по мнению ученого, определяют ту организованность, которую проявляет биогенная миграция атомов живого вещества в аспекте геологического времени [11;12].

В качестве новой геологической силы В.И.Вернадский выделил биогеохимическую функцию человечества, являющегося неотъемлемой частью живого вещества, а в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции - биогенную миграцию атомов 3-го рода, идущую под влиянием человека ("его жизни, воли, разума") и которая сейчас доминирует на нашей планете. Впервые было показано, что преобразование природы деятельностью человека является в основе своей геохимическим процессом, имеет глобальный характер и есть закономерное явление в геологической истории Земли [8-15]. "Человечество закономерным движением..., со все усиливающимся в своем проявлении темпом, охватывает всю планету, выделяется... как новая небывалая геологическая сила. Со скоростью, сравнимой с размножением, выражаемой геометрической прогрессией в ходе времени, создается этим путем в биосфере все растущее множество новых для нее косных природных тел и новых больших природных явлений. На наших глазах биосфера резко меняется. И едва ли может быть сомнение..., что проявляющаяся этим путем

е перестройка научной мыслью через организованный человеческий труд не есть случайное явление, зависящее от воли человека, но есть стихийный природный процесс, корни которого лежат глубоко и подготовились эволюционным процессом, длительность которого исчисляется сотнями миллионов лет... [13, с. 27-28]. При этом "с геохимической точки зрения труд человечества является одной из величайших геохимических сил... Это явление выступает на первое место в вопросах, изучаемых в геохимии. Здесь мы всегда должны принимать деятельность культурного человечества как такое же проявление естественных сил, как и все другие формы живой материи" [10, с. 71]. В.И.Вернадский отмечает возможность неорганических и непревратимых последствий воздействия человека на биосферу и называет наименее устойчивые среды: атмосферу и воды. "Дик планета - биосферы - химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно. Меняется человеком физически и химически воздушная оболочка суши, все ее природные воды" [11, с. 219].

Один из крупнейших экологов нашего времени Р.Маргалеф подчеркивает, что человек, являясь очень важным компонентом природных экосистем, в "возрастающем темпе изменяет все экосистемы на Земле, и изменения эти кратко можно сформулировать следующим образом: повышение скорости круговорота, уменьшение разнообразия в остальных частях биосферы и ускорение окисления некроферы. Это вызывает детралацию очень сложных структур, их движение назад к более активным и однообразным процессам" [30, с. 177].

Внешнее проявление этого "стихийного природного процесса", названного А.Е.Ферсманом техногенезом, в утилитарном понимании может быть как отрицательным (что, к сожалению, наблюдается чаще всего), так и положительным. В случае отрицательного воздействия происходит разрушение биосферы и детралация слагающих ее компонентов и природных тел; положительное влияние способствует, по мнению В.И.Вернадского, переходу биосферы в ее новое эволюционное состояние - ноосферу, которая отличается прежде всего благоприятными условиями для проживания человека и нормального функционирования всей биосферы в целом. И когда-то - Вернадский считал, что в ближайшем историческом будущем - человек от неразумного, бессознательного, во многом негативного вмешательства в природные процессы перейдет к разумному преобразованию биосферы в интересах своих и самой биосферы. Именно В.И.Вернадским впервые была обозначена важнейшая проблема современности, ставшая для человечества глобальной, - проблема изменения химического состава окружающей среды (или, в утилитарном понимании, проблема "загрязнения окружающей

среды") под воздействием человеческой деятельности и обоснованы методологические принципы изучения этого явления.

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние жизни (живого вещества) на геохимические процессы, была названа В.И.Вернадским биогеохимией. Он отмечал, что "биогеохимия... может изучаться в трех аспектах: во-первых, с биологической стороны - ее значение для познания явлений жизни; во-вторых, с геологической стороны - ее значение для познания среды жизни, т.е. прежде всего биосферы, и в-третьих, в связи с ее прикладным значением, которое может быть сведено к биогеохимической роли человечества" [11, с. 12]. Таким образом, им явственно были обозначены три важнейших направления геохимического изучения биосферы, которые сейчас по сути оформились, по мнению автора этих строк, в самостоятельные научные дисциплины, тесно взаимодействующие между собой: геохимическая экология [27], включая учение о биогеохимических провинциях [17] и учение о микроэлементозах [2], геохимия окружающей среды [4,23,63] и экологическая геохимия. Главной объект, который изучается указанными геохимическими дисциплинами, - химический элемент; основной предмет исследования - поведение (история) химических элементов в биосфере (о окружающей среде, среде обитания). Однако подход к изучению, предмет, цели и задачи, используемые методы, решаемые проблемы - достаточно специфичны.

"Геохимическая экология - раздел биогеохимии и экологии - это наука о взаимодействии организмов и их сообществ с геохимической средой в биосфере, а также организмов между собой в условиях популяций, биоценозов, биогеохимических провинций и зон как структурных частей единой целой экосистемы - биосферы" [27, с. 5]. Основная ее задача - выяснение процессов приспособлений организмов, популяций и других сообществ к геохимическим условиям окружающей среды. Важнейшим объектом исследования являются живые организмы и их реакция на геохимическое воздействие. Если воспользоваться аналогией В.И.Вернадского [12], то подходы геохимической экологии к рассматриваемой проблеме носят определенный физиологический "оттенок": необходимым для жизни организма считаются те химические элементы, отсутствие или наличие которых ниже (выше) известного минимума (максимума) вредно действует на организм.

Главной целью геохимии окружающей среды является глобальная оценка поступления химических элементов в биосферу Земли, в биосферу в целом, важнейшими задачами - изучение химического состава геосистем, выявление закономерностей его изменения и установление геохимической связи, существующей между природными системами, с точки зрения

формирования глобальной среды обитания человека. Предметом исследования является окружающая геохимическая среда, т.е. совокупность природных и антропогенных тел, геохимических явлений и факторов, прямо или косвенно влияющих на условия жизни человека. Подходы геохимии окружающей среды основаны на важнейшем положении биогеохимии о том, что в биосфере все химические элементы охвачены живыми веществами.

Экологическая геохимия (экогеохимия) является научной дисциплиной, изучающей поведение (поступление, рассеяние, миграцию, концентрирование, трансформацию, биодеградацию) химических элементов в окружающей среде (биосфере) в связи с деятельностью (в самом широком смысле) человека. Основной объект изучения экогеохимии - химические элементы, специфика поведения которых обусловлена деятельностью человека или миграция которых осуществляется в среде, преобразованной деятельностью человека, и которые, в свою очередь, оказывают влияние на процессы и взаимодействия в окружающей среде, обуславливая сложным сочетанием природных, природно-техногенных и техногенных факторов, а также последствия таких процессов и взаимодействий. Ее важнейшие задачи - установление закономерностей формирования, строения и динамики развития техногенных (в отдельных случаях природных) геохимических аномалий - участков аномальных содержаний химических элементов и их соединений, формирующихся в среде обитания человека в результате взаимодействия техногенных и природных факторов, процессов, явлений, и оценка их экологической значимости. Если следовать В.И.Вернадскому, то экологическая геохимия изучает геохимическую роль человечества, геохимические последствия деятельности человечества и влияние последней на организованность биосферы. Коротко можно сказать, что экогеохимия изучает биогенную миграцию атомов 3-го рода, "идущей под влиянием человеческой жизни, воли, разума и которая сейчас доминирует на нашей планете".

В настоящее время не существует общепринятой дефиниции термина (понятия) "окружающая среда"; не ясно также его соотношение с понятием "биосфера". Чаще всего понятие "окружающая среда" применяют не как общенаучное, а как утилитарное понятие для определения экологических условий жизни человека или группы живых организмов в условиях антропогенного воздействия. Иногда оба понятия - биосфера и окружающая среда - отождествляют. С практических позиций точнее определение этих двух широко используемых терминов не имеет принципиального значения. актуальна мысль Вернадского о том, что "мы не можем дать сейчас ясных и

точных научных и философских определений ни в одной области изучения природы. Все основные понятия естествознания... всегда неизбежно вызывают возражение, и они заключают элемент иррационального, не поддаются точному и ясному логическому выражению. Это не мешает им, однако, быть для нас понятными и быть объектами шлодотворного и точного научного исследования, раз только они являются не абстрактными созданиями нашего ума, а определенным проявлением Природы, реально существующей" [10, с. 181]. В методологическом отношении эти понятия, вероятно, необходимо различать. Согласно В.И.Вернадскому [9], биосфера - это область существования живого вещества. При этом ее пределы ограничены так называемым полем существования жизни, в котором условия позволяют организму давать потомство и увеличивать живую массу. Вернадский писал и о так называемом поле устойчивости жизни, в условиях которого организм имеет возможность только выжить. Таким образом, окружающая среда включает в себя и поле существования жизни, и поле устойчивости жизни. Тем не менее сегодня, несомненно, оба понятия имеют право на существование, а имеющая между ними различия вряд ли способны внести методологическую путаницу в соответствующие исследования. В отдельных случаях, особенно с утилитарных позиций, использование термина "окружающая среда" ("среда обитания") даже удобнее, поскольку позволяет говорить о природной, жилой, производственной, городской среде и т.п.

Следует также отметить и некоторую условность противопоставления терминов "природный" и "техногенный" (например, природные и техногенные процессы, явления, объекты). Живое вещество (включая человечество), как постоянно подчеркивал В.И. Вернадский, "есть природное тело или явление в биосфере" [13, с. 25]. В свою очередь, изменение биосферы "организованным человеческим трудом (т. е. технологизмом - Е.Д.) есть стихийный природный процесс". Именно поэтому так называемые техногенные процессы в сущности являются процессами природными, идущими уже не в масштабе геологического времени, а в масштабе исторического времени.

Словосочетания "экологическая геохимия", "эколого-геохимические исследования" сегодня прочно утвердились в научной литературе. Как правило, любые исследования или оценки состояния (качества) среды обитания, осуществляемые посредством изучения распределения химических элементов и их соединений в различных природных и природно-техногенных образованиях, относят к эколого-геохимическим исследованиям. Подводящее большинство подобных исследований (работ) направлено, главным образом, на констатацию факта «загрязнения»

