



Л. С. БЕРГ

Значение трудов В. И. Вернадского для географии

Происхождение нижеследующих строк таково. В течение 1941—1943 гг. мне приходилось неоднократно встречаться с Владимиром Ивановичем в Боровом, Кокчетавской области, где, по условиям военного времени, нам пришлось жить. День 12 марта 1943 г., когда В. И. Вернадскому исполнилось 80 лет, академический коллектив Борового предполагал отметить особым торжественным заседанием. Я имел намерение в этом заседании сделать доклад на поставленную в заголовке тему. Но Владимир Иванович, как и всегда, уклонился от публичного чествования, частью по присущей ему необыкновенной скромности, частью, вероятно, помня слова Гомера про «льстивые речи, не раз уловлявшие ум и разумных». Как бы то ни было, не зачитанный в свое время доклад излагается здесь в несколько расширенном виде.

Исследования В. И. Вернадского по минералогии, геохимии, биологии хорошо известны и у нас, и за границей. Но значение трудов этого ученого для физической географии и вообще географии не только не оценено, но, насколько мне известно, совсем не освещалось в литературе. Сделать это — является целью предлагаемого очерка.

Труды В. И. Вернадского, имеющие главнейшее значение для географии, таковы: «Биосфера» (1926), «Очерки геохимии» (2-е изд., 1934), «История природных вод» (1933—1936) и «Биогеохимические очерки 1922—1932 гг.» (М., 1940)¹. Остановимся на каждом из них.

БИОСФЕРА

На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом.

В. И. Вернадский. 1926. С. 25.

Под именем биосферы В. И. Вернадский понимает верхнюю оболочку Земли, в которой протекают жизненные процессы; она простирается в атмосферу до высоты свыше 10 км, на суше идет до глубины, по крайней мере, в 3 км и захватывает весь океан. В биосфере есть двух родов вещество — с одной стороны, минеральное, которое В. И. Вернадский удачно называет *косным*, а с другой — живое. В последнее время В. И. склоняется к тому, чтобы метаморфическую и гранитную оболочки Земли причислить к областям былых биосфер.

Не приходится распространяться о том, что понятие биосферы имеет важнейшее значение для географа. К биосфере относятся земные оболочки, в изучении которых наиболее заинтересован географ, — атмосфера (точнее, тропосфера), гидросфера, верхние части суши (литосферы). В биосфере разыгрываются физические и биологические процессы, оказывающие существеннейшее влияние на все стороны жизни человека.

Подход В. И. Вернадского, ученика В. В. Докучаева, к явлениям жизни — чисто географический. Неправильно, говорит он, противопоставлять живой организм среде, «как будто это два независимых объекта». «В биосфере могут существовать не всякие организмы, а только строго определенные ее структурой. Живой организм и живое вещество являются закономерной функцией биосферы»*. «Организм, удаленный из биосферы, есть не реальное, есть отвлеченное логическое построение, по своим свойствам столь же далекое от реальности, как далек от реального воздуха, т. е. тропосферы, воздух физика» (1940. С. 193). <...>

Излагая данные, касающиеся биосферы, В. И. Вернадский исходит из следующих положений, которые он называет, в отличие от гипотез, эмпирическими обобщениями (Биосфера, 1926. С. 23)**.

* *Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. С. 8.*

** Мы все же предпочли бы считать эти положения гипотезами.

1. Никогда в течение всей геологической истории Земли не было и нет никаких следов непосредственного превращения мертвой материи в живую.

В последующих работах В. И. Вернадский указывает, что абиогенез, т. е. возникновение жизни из неорганической, косной материи, невозможен потому, что изотопический состав материи в живом веществе иной, чем в неорганическом, и живые организмы способны избирать определенные изотопы из их смесей, какие характерны для неорганической материи. Впрочем, в самое последнее время В. И. отмечает *, что эта особенность проявляется и в косной материи, например во время вулканических процессов. Вместе с тем он не отрицает теоретической возможности возникновения живых существ из каменных углей, нефтей, битумов, почв и т. п. образований, получивших начало из живого вещества и обладающих таким же изотопическим составом, как и организмы. Нужно, однако, сказать, что никаких опытных доказательств абиогенеза пока не представлено, и в этом вопросе наука, по моему мнению, пока должна стоять на позициях Пастера, отвергающего абиогенез.

2. Никогда в течение всего геологического времени не было лишенных жизни эпох (напомним, что геологическое время исчисляется начиная с основания архея или археозоя; оно обнимает, по современным воззрениям, промежуток времени в 2 миллиарда лет)².

3. Отсюда следует, что современные организмы генетически связаны с организмами всех прошлых геологических эпох и что условия земной среды в течение всего геологического времени были близки к современным.

4. В течение всего геологического времени химическое влияние организмов на окружающую среду оставалось приблизительно одинаковым: все время на Земле шли те же процессы выветривания, т. е. в общем наблюдался тот же средний химический состав живого вещества и земной коры, какой и ныне наблюдается.

5. Из неизменности процессов выветривания вытекает и неизменность количества атомов, захваченных жизнью; иначе говоря, количество живого вещества на Земле все время оставалось приблизительно постоянным.

Геохимические процессы, согласно Вернадскому (1940. С. 136), в общем неизменны в течение всего геологического времени,

* Вернадский В. И. О значении почвенной атмосферы и ее биогенной структуры // Почвоведение. 1944. № 4-5. С. 141.

т. е. с начала археозоя, или в продолжение около двух миллиардов лет. «Условия климата, вулканические процессы, биохимические, химические и физические явления выветривания оставались в течение всего геологического времени теми же, какие мы наблюдаем в наше время» (с. 136).

Нет ни одного случая, говорит Вернадский (1940. С. 137), который указывал бы на связь того или иного минерала с определенной геологической эпохой. Это резко отличает виды минералов от видов организмов. «Виды живых организмов резко меняются в течение геологического времени: все время создаются новые; виды минералов всегда одни и те же». И в архейской эре, и в современную эпоху мы находим одни и те же минералы. Нет новых минералов, появившихся в земной коре в течение геологического времени.

С этим положением В. И. Вернадского в общем можно согласиться, но нужно сделать одну оговорку*. Есть минералы, в образовании которых принимали участие организмы; с вымиранием этих организмов прекращается и новообразование подобных минералов. Само собою разумеется, что и неизменность минералов В. И. Вернадский понимает в ограничительном смысле, указывая (1940. С. 207), что «остов косной материи остается *сравнительно* неизменным» (курсив мой. — Л. Б.). <...>

Геохимическая роль организмов громадна. «Все бытие земной коры, по крайней мере 99 % по весу массы ее вещества, в своих существенных с геохимической точки зрения чертах, обусловлено жизнью... Разнородное живое вещество океана, жизнь моря, взятая в целом, может быть рассматриваема как специальный механизм, совершенно изменяющий химию моря» (1934. С. 189, 191). «Можно без преувеличения утверждать, что химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосферы, всецело находится под влиянием жизни, определяется живыми организмами» (1940. С. 126). Организмы принимают деятельное участие в миграции и накоплении таких важных в экономике природы и широко распространенных элементов, каковы углерод, кислород, азот, кальций, калий, кремний, фосфор, сера, железо, марганец, а также медь, ванадий, цинк, натрий, иод, радий и другие. Организмы выделяют в атмосферу кислород, углекислоту, азот, воду, сероводород, аммиак, метан, водород и другие газы. В общем, по взглядам В. И. Вернадского, все газы земной атмосферы созданы жизнью. <...>

* Ее делает в дальнейшем (1940. С. 204, 220) сам В. И., указывая на особое место, какое занимают органогенные минералы.

В. И. Вернадский впервые поставил вопрос о необходимости изучения количества (веса) и химического состава живого вещества. Только таким путем можно составить представление о миграции материи в земной коре (под каковым именем в геохимии условно подразумевают верхнюю оболочку Земли до глубины в 10 английских миль, или 16 км). Общий вес всего живого вещества, исчисляемый примерно в 10^{14} – 10^{15} т, или $n \times 0.01$ % от веса земной коры (2×10^{19} т), есть, по мнению В. И. Вернадского, величина постоянная, не меняющаяся в геологической истории Земли; это «одна из констант нашей планеты» (1940. С. 13).

«Если бы мы знали средний процентный состав живого вещества, мы могли бы, сравнив его со средним составом атмосферы, гидросферы, биосферы, литосферы, наконец всей земной коры, количественно и энергетически учесть всю работу жизни на Земле в ее космическом аспекте».

Любопытно, что количество свободного кислорода в атмосфере и гидросфере соизмеримо с весом живого вещества, равняясь $1,5 \times 10^{15}$ т.

Идеи В. И. Вернадского о роли организмов в круговороте веществ получили дальнейшее подтверждение в последние годы, когда была установлена роль ничтожных количеств некоторых элементов (меди, цинка, бора, магния и др.), необходимых для жизни тех или иных растений и животных.

Зеленые растения «производят в земной коре самую важную химическую работу — создают свободный кислород, разрушая при фотосинтезе такие стойкие кислородные тела, всюду находящиеся, каковыми являются вода и уголекислота. Ту же работу они, несомненно, производили во все далекие геологические периоды.

Явления выветривания явно указывают нам на ту же исключительную роль свободного кислорода в археозое, какую он и сейчас играет в современной биосфере. Состав продуктов выветривания, их количественные соотношения — как мы это можем установить — были в археозое те же, какие наблюдаются сейчас. Очевидно, и источник свободного кислорода был тот же — зеленый растительный мир. Вся масса свободного кислорода была того же порядка, что мы видим и ныне. Мало могли отличаться от современного в эту далекую, чужую нам эпоху — сотни миллионов лет назад — и количество зеленого вещества, и энергия порождающего солнечного луча» (Биосфера. 1926. С. 95).

При современном состоянии знаний в предыдущие соображения надо внести одну поправку, которая, однако, не умаляет практической ценности высказанных мыслей. Именно, по новейшим данным (1941)³, оказывается, что, по-видимому, все организмы, как растительные, так и животные, в сущности автотрофны, т. е. могут усваивать свободную углекислоту. И раньше, на основании трудов Виноградского, было известно, что бактерии-нитрификаторы, серные и железные бактерии способны хемосинтетическим путем ассимилировать углекислоту. Далее, мы знаем, что пурпурные серные бактерии могут усваивать на свету углекислоту в присутствии сероводорода. Наконец, имеются указания, что небольшие количества углекислоты необходимы для развития некоторых гетеротрофных бактерий, а также для дрожжей и некоторых других грибов; замечено, что некоторые из этих организмов растут лучше при большей концентрации углекислоты, чем та, которая обычно свойственна воздуху.

Мало того, в последнее время, с применением метода радиоактивного углерода, удалось обнаружить широкое распространение способности разлагать углекислоту как среди растений, так и у животных. Доказано, что начальные стадии фотосинтеза у зеленых растений протекают в темноте. Таким образом, явление фотосинтеза у зеленых растений есть лишь частный случай присущей всем живым организмам способности разлагать углекислоту в темноте. <...

Масса живого вещества достигла предела уже в самых древних, доступных нашему изучению геологических эпохах (1940. С. 141). Не может быть сомнения в том, что как только появилась жизнь на Земле, во всяком случае уже в археозое, организмы быстро завоевали всю поверхность суши и водных бассейнов*.

Размножение организмов — это великая геологическая сила. «Неподвижные деревья и травы движутся размножением», — говорит Вернадский (1940. С. 64) и в качестве примера приводит надвигание леса на степь и обратный процесс.

* Подробности см. в моей статье «Жизнь и почвообразование на докембрийских материках» (Природа. 1944. № 2).

ГЕОХИМИЯ

В силу играющего в геохимии большую роль геологически вечного содержания, она должна оказывать большое влияние на все географические науки — на физическую географию, и особенно на океанографию в частности. Ибо описательные географические науки, изучающие современное состояние Земли, приобретают при таком их рассмотрении особое значение.

В. И. Вернадский. 1940. С. 222.

Слово «геохимия» существует уже давно, сто с лишним лет, но впервые влил в него жизнь и наполнил содержанием В. И. Вернадский. Чем занимается эта наука?

Геохимия — это история химических элементов нашей планеты, иначе — история земных атомов, говорит Вернадский (1934. С. 10, 19, 20). В отличие от геохимии минералогия изучает историю молекул и кристаллов. <...> Грубо говоря, геохимия изучает химические процессы, происходящие в земной материи, а минералогия — минералы, т. е. те простые формы и те состояния, в которые выливается неорганическая материя в результате этих процессов. Сложные (т. е. не простые) комбинации, или комплексы, минералов составляют предмет изучения петрографии.

Если перейти к сравнению с науками о живой природе, то физика, химия, геофизика, геохимия аналогичны физиологии, а минералогия — описательным: ботанике и зоологии.

Теперь нужно сказать о *биогеохимии*. Ее В. И. Вернадский (1940. С. 6) называет наукой, «изучающей жизнь в аспекте атомов». Она исследует те миграции вещества, которые вызываются живыми организмами. «Живой организм, совокупности которого изучает биогеохимия, сводится при этом к массе, к объему, к состоянию отвечающего ему пространства, к атомному количественному составу, к геохимической энергии»*. Но те же вопросы входят и в круг ведения биохимии. Разграничить биогеохимию от биохимии⁴ можно было бы таким образом: биогеохимия изучает живое вещество с точки зрения его веса, химического состава и энергии**, а биохимия — преимущественно химические процессы, происходящие в организмах.

* *Вернадский В. И.* Значение биогеохимии для познания биосферы // Проблемы биогеохимии. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. С. 8.

** В. И. Вернадский прибавляет еще: «Характер занятого живыми организмами пространства». Здесь имеется в виду не географическое пространство, а геометрическое.

Геофизика и геохимия относятся к тому же разделу наук о неживой природе, что и химия и физика. Геофизике и геохимии соответствуют астрофизика и астрохимия — науки, трактующие о физических и химических процессах на небесных светилах. Все эти дисциплины относятся к наукам систематическим, т. е. не хронологическим (каковы, например, история, геология) и не хорологическим (каковы география и астрономия). И если В. И. Вернадский говорит о геохимии как об истории земных элементов, то термин «история» понимается здесь не в хронологическом смысле (каков он, когда мы имеем дело с историей человека или с геологией), а в смысле описательном, подобно тому как мы говорим о «естественной истории». <...>

РАССЕЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

В. И. Вернадский (1910⁵, 1927⁶) впервые обратил внимание на рассеяние химических элементов. Какое бы земное вещество мы ни взяли — любой минерал, воду, воздух, — точный анализ показывает, что оно, помимо легко определяемых анализом веществ, всегда проникнуто огромным количеством разрозненных, не собранных в молекулы, атомов*. Вот примеры. В каждом кубическом сантиметре воздуха у земной поверхности имеется в среднем один атом радона, т. е. эманации радия (радий, как известно, распадается на радон и гелий). Чтобы составить представление о степени этого рассеяния радона, Вернадский указывает, что количество самого редкого газа в атмосфере (ксенона) равно 0.00004 %, иными словами, в 1 см³ воздуха находится около миллиарда атомов ксенона. Марганец в море содержится в количествах меньше десятиmillionной части процента. Но эти ничтожные «следы» при помощи энергии жизни создают отложения марганцевых руд (например, в Никополе или Чиатури содержащие миллионы тонн марганца). Впрочем, «следы» марганца в морской воде состоят из 10¹² или сотен триллионов атомов этого металла в 1 см³ воды. В каждом кубическом сантиметре кальцита находится 10¹⁵–10¹⁶ (квадриллионы и десятки квадриллионов) атомов марганца и сотни триллионов (10¹⁴) атомов иода. В самом чистом природном кальците, или горном хрустале, находятся миллионы атомов меди, цинка, марганца,

* Возможно, что часть этих атомов образует молекулы, часть входит в изоморфные смеси, но большинство представлено свободными атомами.

серы, урана, радия и других элементов. «Мы видим, следовательно, что земная материя имеет совсем не тот вид, в каком она рисуется из обычных нам представлений, связанных с химическими формулами, которыми мы мыслим». Свойства этого рассеянного мира атомов близки к свойствам газов.

Есть элементы, у которых подавляющее количество атомов находится в состоянии рассеяния, таковы: иод, бром, литий, рубидий, цезий и др., а кроме того, радиоактивные элементы. Минералов радия мы не знаем, так как все его атомы находятся в состоянии рассеяния. По предположению В. И. Вернадского (1940. С. 116), состояние земной материи в форме свободных атомов, с одной стороны, является следствием радиоактивного распада химических элементов, а с другой — происходит под влиянием проникающих космических излучений, которые, разрушая встречающиеся им на пути химические элементы, преобразуют их в другие атомы и создают новые. <...>

ЧЕЛОВЕК

Je crois invinciblement que la science et la paix triompheront de l'ignorance et de la guerre*.

Pasteur

Деятельность человека В. И. Вернадский рассматривает тоже в геохимическом аспекте. Человеческий разум, говорит он, есть великая геологическая, быть может, космическая сила, которая постепенно становится все более и более независимой от других организмов — растительных и животных. Между тем общая масса живого вещества, заключенного во всем человечестве, ничтожна по сравнению с массой всех животных и растений. Об этом можно судить по такому наглядному сопоставлению. Если бы предоставить каждому человеку по 1 м² площади, то все человечество можно было бы разместить на поверхности длиной в 50 км и шириной в 40 км.

Организмы, согласно Пфедферу⁷, делятся на две группы: 1) *автотрофные*, которые в своем питании не зависят от других организмов; они создают живое вещество из неорганической материи; к числу автотрофных относятся все зеленые растения и некоторые бактерии; 2) другая группа — *гетеротрофные* —

* Я твердо верю, что наука и мир восторжествуют над невежеством и войной (Пастер).

питается за счет других организмов; сюда относятся все остальные растения, а также все животные и человек. Некоторые поправки к этому делению мы сделали выше. В. И. Вернадский высказывает мысль, что в недалеком будущем человечество научится изготавливать пищевые продукты из неорганических веществ: кислорода, водорода, азота, углерода, заимствуя последний из углекислоты воздуха или воды. Когда это осуществится, человек станет автотрофным организмом — единственным среди животных. У В. И. возникает некоторое сомнение в осуществимости лабораторного синтеза пищи. Дело в том, что организмы, по-видимому, обладают способностью извлекать из естественной смеси изотопов, свойственных окружающей среде, лишь определенные изотопы. Сможет ли это сделать человек? На этот вопрос В. И. склонен отвечать положительно.

Овладение благодаря земледелию основным субстратом живой материи, зеленым растительным веществом, начинает менять химический облик земной коры — процесс, конца и размеров которого мы не знаем. Человек сделался геологическим фактором. Постепенно, благодаря деятельности цивилизованного человечества, биосфера переходит в новую стадию своей истории, в царство разума — *ноосферу**. Геохимическое действие разума не ограничится размерами нашей планеты. Нашествие варваров, какое испытала наша страна в 1941 г. (а другие страны раньше), не может, по глубокому убеждению В. И. Вернадского, остановить победного шествия разума. В конечном разгроме фашистских преступников Владимир Иванович ни на минуту не сомневался.

Мы остановились только на некоторых трудах В. И. Вернадского, изучение которых необходимо географу.

В. И. ВЕРНАДСКИЙ КАК УЧЕНЫЙ

В заключение — несколько слов о В. И. Вернадском как ученом.

В качестве кристаллографа, минералога, геохимика, биолога, историка знания Владимир Иванович в своем лице как бы представляет всю Академию, старейшим членом которой он является (с 1909 г.).

* *Вернадский В. И.* Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944. № 2. С. 114—120.

Удивителен широкий кругозор, каким отличается вся деятельность этого ученого. Ко всякой добросовестной работе мысли он относится с симпатией. Известно, что чем уже, чем ограниченнее сфера научной деятельности ученого, тем с большим отрицанием и нетерпимостью он относится к чуждым ему дисциплинам: наука — это только то, чем он занимается. Напротив, для Владимира Ивановича дороги все науки — как естественные, так и гуманитарные. Таково же отношение к знанию и у географов.

В книге «Биогеохимические очерки» (1940) В. И. Вернадский писал, что смотрит на жизнь как на дело любви к людям и к свободному исканию истины. Эти стремления роднят Владимира Ивановича с его троюродным братом Вл. Г. Короленко, с которым у В. И. есть фамильное сходство.

Закончим наш краткий обзор трудов В. И. Вернадского словами Белинского: «Благо тем, которые умеют в зиму дней своих сохранить благодатный пламень сердца, живое сочувствие ко всему великому и прекрасному бытия, которые, с умилением вспоминая о лучшем своем времени, чувствуют себя в живой и родственной связи с настоящим. Благо им, этим вечно юным старцам».

На одном из своих произведений, присланных мне, Владимир Иванович написал: «От старого учителя»*. Пусть мой настоящий доклад служит данью глубокого уважения старого ученика к вечно юному учителю. <...>

Эта статья была сдана в редакцию «Известий Географического общества» в начале октября 1944 г., а 6 января 1945 г. Владимир Иванович скончался в Москве на 82-м году жизни. <...> Географы наравне со всеми естествоиспытателями оплакивают великого натуралиста, охватившего своим всеобъемлющим умом все отрасли учения о природе.



* Я слушал лекции В. И. Вернадского в Московском университете в 1895 году, т. е. 50 лет тому назад.