

## **ОТЗЫВ**

**на реферат для сдачи кандидатского экзамена  
на тему «История становления биогеохимии как науки и вклад  
отечественных ученых в ее развитие»  
по дисциплине «История и философии науки»  
Ганиной Д.А.**

Реферат аспиранта Ганиной Д.А. посвящен истории развития науки биогеохимии как раздела геохимии, изучающего химический состав живого вещества и геохимические процессы, протекающие в биосфере Земли при участии живых организмов. Реферат оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями: определены цели и задачи, выделены три главы, имеются заключение с выводами и список литературы. Текст выстроен логично и последовательно.

В своей работе автор подробно описала все этапы становления биогеохимии как самостоятельной науки. Приведены данные касательно возникновения и развития методологических подходов, применяемых в биогеохимии. Значительная часть реферата Ганиной Д.А. посвящена открытиям отечественных ученых, повлиявшим на развитие биогеохимии.

Выводы, сделанные автором реферата, полностью соответствуют поставленным задачам. Считаю, что реферат Ганиной Д.А. представляет собой актуально исследование, имеющее большую теоретическую и практическую значимость. Работа, выполненная аспирантом, заслуживает положительной оценки.

**Научный руководитель,**

**д.б.н., профессор**



**Родионова Т.Н.**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет»

*кафедра философии*

## **РЕФЕРАТ**

**для сдачи кандидатского экзамена  
по истории и философии науки**

**на тему: «История становления биогеохимии как науки и вклад  
отечественных учёных в ее развитие»**

**Выполнила:**

Ганина Дарья Александровна

Кафедра ветеринарной медицины

Астрахань – 2022 г.

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Основные понятия в биогеохимии .....	5
1.1. Живое вещество.....	5
1.2. Биосфера .....	6
1.3. Биогеохимические процессы .....	6
1.4. Цикличность биогеохимических процессов .....	7
Глава 2. История развития идеи биогеохимии .....	7
2.1 Этапы становления биогеохимии .....	7
2.2 Связь биогеохимии с геохимией, биологией и почвоведением .....	11
2.3 Практическое значение биогеохимии.....	13
Глава 3. Роль советских ученых в биогеохимии .....	16
Выводы .....	25
Список литературы.....	27

## Введение

В.И. Вернадский в 30-х гг. XIX века, проводя развитие экологической направленности идей натуралистов Европы XVIII века, разработал биогеохимическую научную концепцию биосферы, как геологической оболочки земного шара<sup>1</sup>. Её энергетика и структура создались благодаря деятельности живого вещества в период геологической истории Земли. Именно В.И. Вернадский, выдающийся мыслитель и естествоиспытатель, является основателем нового научного направления – биогеохимии.

Выделив биогеохимию в отдельную науку, Вернадский В.И., открыл важный и новый аспект в познании сложного феномена жизни. Биогеохимия представляет собой междисциплинарную системную науку, которая возникла в XX веке в пограничной области между биологией, геологией и химией. Она концентрирует свое внимание на изучении роли живых организмов в миграции и перераспределении химических элементов в коре земного шара<sup>2</sup>.

Основной задачей биогеохимии является изучение геохимической среды и жизни в их единстве как системы организованности развития, строения и функций биосферы. В этом заключается методологическая основа биогеохимии – науки о химии жизни и геохимии среды, их взаимодействии и взаимообусловленности. Биогеохимия представляет жизнь как явление биологическое, биосферное. При этом она использует различные области биологии: биофизику, морфологию, генетику, биохимию, а также химию, геохимию и другие науки<sup>3</sup>.

Проблемы биогеохимии живого вещества необходимо рассматривать в связи с локальными свойствами биосферы, в которых развивалось данное живое вещество и составляющие его организмы. Локальные свойства биосферы необходимо рассматривать в её связи с глобальными свойствами и свойствами всей биосферы земного шара – в связи с её космическим окружением<sup>4</sup>.

Человек оказывает влияние на изотопный и химический состав биосферы, атмосферы, земной коры, и значение такого влияния непрерывно растет с каждым столетием. Особенно актуальной биогеохимия становится во второй половине XX века.

---

<sup>1</sup> Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 241 с.

<sup>2</sup> Вернадский В.И. Очерки геохимии // Избр. соч.: В 5 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1.

<sup>3</sup> Вернадский и современность / Под ред. Б.С. Соколова и А.Л. Яншина. – М.: Наука, 1986. – 232 с.

<sup>4</sup> Вернадский В.И. Труды по биогеохимии и геохимии почв. – М.: Наука, 1992. – 4

Она представляет собой наиболее целостную научную основу для решения множества проблем, связанных с загрязнением окружающей природной среды<sup>5</sup>.

**Цель реферата:** изучить историю формирования биогеохимии как науки и определить вклад в это советских учёных

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Обозначить основные понятия биогеохимии, как науки;
2. Определить этапы развития биогеохимии;
3. Установить вклад советских ученых в её формирование и развитие.

**Актуальность.** В современном научном мире проводится множество исследований, значительную роль в которых играют биогеохимические условия проведения данных исследований. В связи с этим возникает необходимость детального изучения становления биогеохимии как науки, и определить важные этапы ее формирования и развития.

---

<sup>5</sup> Ермаков В.В., Мойсеенок А.Г., Самохин В.Т., Сафонов В.А., Мурох В.И., Василькевич И.Г., Пеховская Т.А. Преодоление недостаточности селена и йода в организме человека и животных: формирование межгосударственной программы // Материалы V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы геохимической экологии». – Семипалатинск: СГПИ, 2005. – С.285–289.

## Глава 1. Основные понятия в биогеохимии

### 1.1. Живое вещество

Вернадский В.И. разработал теоретическую основу биогеохимии, которую составляет учение о живом веществе и биосфере. Одним общим условием для существования всех живых организмов, вне зависимости от их размеров, морфологии, и даже физиологии, является обмен веществ с их средой обитания. Хотя живые организмы составляют лишь малую часть массы наружных оболочек земного шара, важное планетарное значение имеет суммарный эффект их геохимической деятельности с учетом фактора времени. Селективно поглощая химические элементы, организмы в зависимости от физиологических потребностей, вызывают биогенную дифференциацию элементов в окружающей среде. Геохимия метаболизма при этом имеет немаловажное значение. Поступая в газовую оболочку, газообразные метаболиты со временем приводят к изменению её состава. В то же время, на кислотно-щелочные и окислительно - восстановительные условия природных вод влияют жидкие метаболиты и продукты отмирания. Все это ведет к преобразованию верхней части литосферы. При этом происходит извлечение из ее состава химических элементов, вовлечение их в водную миграцию, что в итоге оказывает влияние на формирование химического состава Мирового океана, а также осадочных горных пород.

Индивидуальный организм является смертным, однако бесконечна жизнь в форме продолжающихся поколений. На протяжении всей геологической истории, длящейся более 4 млрд лет, не прерываясь ни на мгновение происходит воздействие различных организмов на окружающую среду. В связи с этим, с позиции геохимии, постоянно существующая планетарная совокупность различных организмов должна рассматриваться как особая форма материи, а именно как *живое существо*. Постоянный и непрерывный массообмен химических элементов с окружающей средой при этом является главным его свойством. Следовательно, живое вещество играет роль ведущего фактора геохимической эволюции наружной части земного шара<sup>6</sup>.

Кроме того, учение о живом веществе является одной из областей соприкосновения философии и естествознания. Много неясного и загадочного до сих пор остается в феномене живого вещества. Все еще не получило научного объяснения образование живого только из живого, что дает основание рассматривать жизнь не только в качестве

---

<sup>6</sup> VIII Всесоюзная конференция по проблемам микроэлементов в биологии (24–27 мая 1978 г. Ивано-Франковск) «Биологическая роль микроэлементов». – М.: Наука, 1983.– 238 с.

земного явления, но и как космического. Вернадский В.И., основываясь на трудах П. Кюри и Л. Пастера, полагал, что живое вещество существует в особом пространстве, и геометрия его отличается от геометрии не биогенных земных тел. П. Тейяр де Шарден, живший в 20-м в., разделял его идею о том, что «наличие жизни предполагает существование до беспрельно простирающейся преджизни». Но, тем не менее, можно констатировать особое значение живого вещества в существующем составе наружных оболочек поверхности земного шара.

## **1.2. Биосфера**

Австрийский геолог Эдуард Зюсс (1831-1914) в 1875 году ввел в научный лексикон термин *биосфера*. Этим термином он обозначил сферу обитания организмов. Однако, В.И. Вернадский представлял биосферу как наружную оболочку Земли, подвергающейся геохимической деятельности живого вещества.

В настоящее время биосфера является глобальной системой. В ней, в неразрывной связи, с одной стороны существуют инертное вещество в жидкой, газообразной и твердой фазах, а с другой стороны существуют разнообразные формы жизни, а также их метаболиты<sup>4</sup>. Кроме того, биосфера является единством живого вещества и пронизанной им наружной части Земли. Живое вещество немислимо без биосферы, также как и она немислима без живого вещества.

## **1.3. Биогеохимические процессы**

Процессы взаимодействия между живым веществом и инертной материей земного шара занимают одно из важнейших мест в данной системе представлений. Такое взаимодействие происходит в виде обмена химических элементов между окружающей средой и живыми организмами. Геохимическую деятельность организмов объективно характеризуют процессы обмена элементов. За счет этого биосфера имеет определенную «геохимическую организованность», как её называл В.И. Вернадский. Такие геохимические процессы, осуществляемые за счет жизнедеятельности организмов, Вернадский В.И. назвал *биогеохимическими*<sup>7</sup>. Поэтому главным предметом изучения биогеохимии служат биогеохимические процессы и результаты этих процессов.

---

<sup>7</sup> Башкин В.Н. Биогеохимия. – М.: Научный мир, 2004. – 582 с.

#### **1.4. Цикличность биогеохимических процессов**

В процессе научного изучения взаимодействия живых организмов с окружающей средой было обнаружено, что процессы биогенного массообмена имеют циклический характер. В результате исследований последних десятилетий было установлено, что жизненные циклы отдельных организмов или даже их групп сочетаются с циклическими процессами, обусловленными космическими и геофизическими причинами. Среди них можно выделить, например, вращение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, перемещение солнечной системы в Галактике, закономерности эволюции солнечного вещества и т.д. Динамическую систему биосферы образуют циклы массообмена различной протяженности в пространстве и разной по времени длительности.

История химических элементов, образующих 99,7% массы биосферы, как считал В.И. Вернадский, может быть понята, лишь учитывая круговые миграции. В своих трудах он писал, что «эти циклы обратимы лишь в главной части атомов, часть же элементов неизбежно и постоянно выходит из круговорота. Этот выход закономерен»<sup>8</sup>. Иными словами, круговой процесс не является вполне обратимым.

Несбалансированность миграционных циклов и неполная обратимость мигрирующих масс допускают определенные пределы колебания концентрации мигрирующего элемента, к которым организмы могут адаптироваться. В то же время они обеспечивают вывод избыточного количества элемента из данного цикла.

### **Глава 2. История развития идеи биогеохимии**

#### **2.1 Этапы становления биогеохимии**

Формирование биогеохимии как науки возникало в результате общего развития естественных наук, а главным образом, химии. Основные идеи биогеохимии были направлены на оценку явлений жизни, деятельности живого вещества с научных позиций. С другой стороны, они соприкасались с интересами религии, философии и идеологии. Безусловно, развитию идеи биогеохимии способствовала деятельность многих ученых, однако наиболее заметный след в истории её формирования оставили весьма неординарные фигуры.

Первые истоки биогеохимии уже можно найти в работах известных биологов, химиков и геологов XVIII - XIX вв. Однако, как наука, биогеохимия возникает в 20-х гг. XX в. Она является своеобразным «стыком» биологии, химии и геологии, при этом

---

<sup>8</sup> Безуглова О.С., Орлов Д.С. Биогеохимия. – Ростов н/Д: «Феникс», 2000. – 320 с.

основная роль отведена живому веществу в миграции химических элементов<sup>8</sup>. Предшественниками биогеохимии принято считать идеи А. Лавуазье, Дж. Кювье, Е. Зюсса, Ю. Либиха и Ч. Дарвина.

В конце XVIII в. благодаря открытию кислорода, азота, диоксида углерода и расшифровке химического состава воздуха в научных кругах Парижа и Лондона активно обсуждалось значение газов в жизни растений.

Антуан Лоран Лавуазье (1743 - 1794) считается одним из основателей современной химии. Но, кроме того, он ясно понимал роль живых существ в круговороте элементов земного шара. В 1792 г. делая доклад во Французской Академии Наук, он сообщил, что «...Брожение, гниение и сгорание непрерывно возвращают в воздух атмосферы и в минеральное те исходные вещества, которые у них позаимствовали растения и животные. Какими путями природа осуществляет этот изумительный круговорот веществ между тремя своими царствами». «... Поскольку сгорание и гниение суть средства, которые природа использует для того, чтобы вернуть в минеральное царство те материалы, которые она из него извлекла, чтобы создать растения и животных, то развитие растений и животных должны представлять собой явления, обратные сгоранию и гниению»<sup>7</sup>. В этих высказываниях одновременно предугадываются будущие исследования Л. Пастера и закладываются основные идеи геохимической экологии.

Помимо этого А. Лавуазье изучал реакции обмена окисла углерода и кислорода в растениях. Убедившись в том, что главный химический элемент органического вещества – углерод – растения получают из воздуха, а при разложении растительных остатков углерод в составе углекислого газа вновь возвращается в атмосферу, А. Лавуазье пришел к выводу об универсальности механизма круговорота при взаимодействии живых организмов с природой. Так он заложил основы современной геохимии углерода в биосфере, показав универсальность обмена веществ между растениями, животными и средой обитания. Незадолго до трагической гибели А. Лавуазье написал трактат «Кругооборот элементов на поверхности земного шара». В нем он обосновал идею циклического обмена химических элементов между тремя царствами природы: минеральным, растительным и животным. В этом трактате был поставлен вопрос, на который спустя множество лет стремится дать ответ биогеохимия: «Какими путями осуществляет природа изумительный круговорот веществ между тремя своими царствами?»

После работ А. Лавуазье стало очевидно, что живые организмы в основном состоят из элементов, образующих на поверхности Земли газы, и что в химии жизни

исключительно важное значение имеет взаимосвязь организмов с газами атмосферы. Эта проблема продолжала оставаться в центре внимания в начале XIX в. В 1841 г. два выдающихся французских ученых – знаменитый химик, один из основателей органической химии Ж. Дюма (1800 - 1884), и основатель агрохимии, путешественник и натуралист - Ж. Буссенго (1800 - 1884), окончательно сформулировали идею циклического круговорота газов в системе живые организмы – атмосфера. Они изложили ее в яркой и несколько парадоксальной форме<sup>2</sup>: «...мы видим, что первичная атмосфера Земли подразделилась на три большие части: одна из них образует современный атмосферный воздух, вторая представлена растениями, третья – животными... Таким образом, все, что воздух дает растениям, растения уступают животным, животные же возвращают воздуху; вечный круг, в котором жизнь трепещет и выявляется, но где материя только меняет свое место».

Как ни велико значение круговорота газов, этим обмен веществ между живыми организмами и окружающей средой не ограничивается. Следующим шагом в познании биогеохимических циклов на суше являются исследования выдающегося немецкого химика Ю. Либиха (1802 - 1887), известного как основателя агрохимии. Он установил, что химические элементы поступают в растения двумя способами: одни как углерод из воздуха, другие – в виде водных растворов из почвы. Ю. Либих провел массу исследований, последовательно определив состав почв и содержание минеральных веществ в разных органах растений и животных, продуктах их жизнедеятельности. Он один из первых применил метод сопряженного анализа, широко используемый в современной геохимии ландшафтов. Многочисленными экспериментами он доказал, что растения избирательно поглощают из почвы химические элементы<sup>9</sup>. На основании этого открытия Ю. Либихом была разработана широко известная теория минерального питания растений и, кроме того, было положено начало изучению циклической миграции элементов в системе почва–растения–почва, получившей в дальнейшем название биологического круговорота. Он также открыл закон минимума питательных элементов, согласно которому продуктивность растений определяется тем из питательных элементов, которых находится в относительном минимуме в почвенном растворе.

Значение работ Ю. Либиха для биогеохимии трудно переоценить. Он наметил пути экспериментального изучения биогеохимических циклов большей части химических элементов, перевел проблему взаимодействия живых организмов и минеральной природы из области философских построений в плоскость конкретных научных исследований и

---

<sup>9</sup> Ковальский В.В. Геохимическая экология: Очерки. - М.: Наука, 1974. - 299 с.

практической деятельности. После его работ биологический круговорот химических элементов приобрел осязаемую реальность. Ю. Либих показал, как человек может им управлять, искусственно вводя в миграционные циклы дополнительные массы элементов. В 1840 г. в Германии он издает свою книгу «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений». Кроме того, в том же году он открывает и описывает закон минимума. При помощи этого закона отражена зависимость между геохимическим фактором воздействия (например, уровень микроэлементов в среде и рационе, а также проявление биологических реакций организма) Аналитическое мастерство, широкая эрудиция, научная целеустремленность покоряют и современного читателя его трудов.

Кроме того, в XIX в. популярность набирает наука геохимия. Согласно её принципам, любой объект можно охарактеризовать соотношением образующих его атомов химических элементов. Геохимический подход позволяет сопоставлять и сравнивать самые различные природные тела и процессы. В частности, определив средний суммарный состав живых организмов Земли и сопоставив его со средним составом земной коры, можно оценить направленность геохимической деятельности живого вещества во времени. Определив массы химических элементов, ежегодно захватываемых приростом растительности Мировой суши, и массы этих же элементов, выносимых с годовым стоком всех рек, можно получить представление о значимости каждого из планетарных процессов. Геохимический подход дает возможность объективно, на строго научной основе оценить планетарный эффект деятельности живого вещества или отдельных групп живых организмов<sup>10</sup>.

Развитие геохимии в разных странах шло различными путями. В США было положено начало статистическому изучению распределения химических элементов. Химик геологической службы США Ф.У. Кларк с целью установления средних значений концентрации десяти главных химических элементов в основных типах горных пород, природных водах и других объектах в 80-х гг. XIX в. приступил к обобщению имевшихся аналитических данных. С 1889 г. по 1924 г. он несколько раз публиковал все более обоснованные сведения о среднем содержании химических элементов. Книга Ф. Кларка «The Data of Geochemistry» явилась первым объективным обоснованием закономерностей распределения главных химических элементов в земной коре.

---

<sup>10</sup> Ковальский В.В. 60 лет биогеохимии в СССР // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология (Тр. Биогеохим. Лаб. Т.20) — М.: Наука, 1985. - С. 5-24.

В Европе геохимия складывалась на базе минералогии – науки о природных химических соединениях и процессах их образования. По этой причине главное внимание уделялось процессам, определявшим распределение химических элементов.

В Норвегии при университете в Осло сложилась сильная научная школа минералогов и химиков, представители которой изучали распределение и соотношение элементов в связи с физико-химическими процессами рудо- и породообразования. В недрах этой научной школы сформировался как ученый выдающийся геохимик В.М. Гольдшмидт. Он разработал учение о глобальных закономерностях распределения химических элементов в зависимости от строения их атомов и ионов.

## **2.2 Связь биогеохимии с геохимией, биологией и почвоведением**

Биогеохимия методологически тесно связана с геохимией. Эти науки изучают распределение химических элементов в пространстве и во времени, возникновение и трансформацию разных форм нахождения элементов, процессы их миграции, проявления рассеяния и аккумуляции в разных природных условиях. Различие двух наук заключается в том, что геохимия преимущественно изучает поведение элементов в природных растворах, расплавах и продуктах кристаллизации, состояние и взаимопереходы которых определяются законами термодинамики, физической химии и кристаллохимии, а биогеохимия изучает миграцию и распределение химических элементов в биосфере, где главной движущей силой является деятельность организмов. Это различие такое же глубокое, как различие между неорганической и молекулярной химией. Разумеется, существуют природные обстановки и процессы, в которых действие законов геохимии и биогеохимии тесно переплетаются. Идеи В.И. Вернадского о планетарной роли живого вещества обогатили теорию геохимии и создали основу для выяснения некоторых важных геологических процессов, в том числе процессов осадочного рудообразования<sup>4</sup>.

Биогеохимия связана и с другими науками о Земле, особенно с теми, что изучают состав горных пород, минералов, природных вод и газов, а также развитие природной среды на протяжении геологической истории.

Своеобразно складывались взаимоотношения идей Вернадского с биологическими науками. В.И. Вернадский полагал, что изучение живого организма изолированно от среды обитания методологически ошибочно, ибо и то, и другое неразрывно связаны. Он считал, что, изучая живые организмы, биологи в большинстве своих работ оставляют без внимания неразрывную связь, тончайшую функциональную зависимость, существующую между окружающей средой и живым организмом, заменяют сложные явления природы упрощенными моделями<sup>3</sup>.

В то же время известно критическое отношение к биогеохимии представителей физико-химической биологии, которые не видели смысла в определении содержания химического элемента в организме без изучения его конкретных органических соединений, расшифровки их молекулярной структуры, изучения типа связей данного элемента с другими. Здесь уместно еще раз вспомнить, что главной задачей биогеохимических исследований является изучение массообмена химических элементов между живыми организмами и окружающей средой. Эта задача не входит в сферу интересов комплекса наук физико-химической биологии (биохимии, молекулярной и биоорганической химии), но близка к целям биологических наук, изучающих связи между организмами и средой их обитания: геоботаники, биоценологии и особенно экологии. Идеи и подходы биогеохимии весьма перспективны для развития экологии. Изучению массообмена в экосистемах уделяется большое внимание при экологических исследованиях.

Благодаря очень непродолжительным жизненным циклам микроорганизмов геохимический эффект их деятельности наглядно свидетельствует о справедливости главного положения биогеохимии: глубокой взаимозависимости состава окружающей среды и живого вещества. По этой причине принципы биогеохимии были органично восприняты микробиологией. С одной стороны, микробиологи установили закономерное преобразование химического состава воды замкнутых бассейнов под влиянием микробиологической деятельности и важную роль микроорганизмов в глобальном газовом режиме. С другой стороны, было обнаружено, что микроорганизмы, обитающие в илах и почвах (бактерии и актиномицеты), могут адаптироваться к сильно различающимся уровням концентрации кобальта, молибдена, меди, ванадия, урана, селена и бора. Эта способность передается по наследству, благодаря чему адаптация сопровождается перестройкой популяций микроорганизмов.

Важное место в развитии идей В.И. Вернадского о живом веществе и биосфере занимают его работы по геохимии почв. Ясно представляя, что ни в одном из природных образований нет такого тесного взаимопроникновения и взаимодействия живых организмов и неживого вещества, как в почве, Вернадский называл ее биокосным телом. Можно предполагать, что именно углубленное изучение почвы как части биосферы, максимально насыщенной жизнью, было одним из первых шагов в разработке В.И. Вернадским концепции живого вещества. Понятие о живом веществе было впервые им изложено в статье, написанной в 1919 г. и посвященной роли организмов в почвообразовании<sup>4</sup>.

В.И. Вернадский рассматривал почву как центральное звено биосферы, где сходятся разнообразные миграционные циклы химических элементов. «С каждым годом... все яснее становится значение почвы в биосфере – не только как субстрата, на котором живет растительный и животный мир, но как области биосферы, где наиболее интенсивно идут разнообразные химические реакции, связанные с живым веществом».

В 1936 г. В.И. Вернадский ввел в науку понятие о педосфере, которое в настоящее время широко используется при глобальных геохимических построениях. Он отмечал, что химический состав Мирового океана тесно связан с мобилизацией химических элементов в педосфере и с планетарным миграционным циклом почвы – воды рек – воды океана. Не менее ответственную роль играет педосфера в газовом обмене. В.И. Вернадский считал, что многие химические элементы поступают в почву не столько из почвообразующих пород, сколько осаждаются из атмосферы и вновь уходят в нее, захватываясь ветром. Предположение Вернадского о циклической миграции химических элементов в системе почва – атмосфера подтвердилось спустя несколько десятилетий при изучении динамики аэрозолей, их «времени жизни» и дальности переноса.

Принципы биогеохимии оказались весьма перспективными для генетического почвоведения. Крупный почвовед, геохимик и географ Б.Б. Полынов, опираясь на идеи В.И. Вернадского, разработал учение о геохимии ландшафта. Последователи Б.Б. Полынова геохимики-почвоведы и геохимики-ландшафтоведы своими исследованиями способствовали развитию биогеохимии. В настоящее время разграничение биогеохимических, эколого-геохимических, почвенно-геохимических и ландшафтно-геохимических исследований весьма условно.

### **2.3 Практическое значение биогеохимии**

По причине того, что основные виды производственной деятельности людей – сельское хозяйство и промышленность – осуществляются на суше, направленность практического использования биогеохимии также связана с изучением процессов, протекающих в пределах Мировой суши. До последних лет основное практическое применение биогеохимии было связано с деятельностью геологической службы, с так называемым биогеохимическим методом поисков месторождений полезных ископаемых. Сущность этого метода заключается в выявлении участков повышенных концентраций рудообразующих элементов в растениях, продуктах их отмирания и метаболизма. Участки повышенных концентраций металлов в растениях и верхнем горизонте почвы – биогеохимические аномалии – дают основание предполагать наличие на глубине залежей руд, не выходящих на поверхность. В этом случае биогеохимические аномалии могут

рассматриваться как ореолы рассеяния рудных аккумуляций. Они образуются в результате вовлечения металлов в биологический круговорот и накопления их в растительности и почве. Применение биогеохимического метода поисков месторождений полезных ископаемых в труднопроходимых лесных районах или на территориях, перекрытых рыхлыми аллохтонными отложениями, облегчает обнаружение месторождений и способствует удешевлению комплекса геолого-поисковых работ.

Опыт применения биогеохимического метода в нашей стране обобщен в трудах А.П. Виноградова (1954), Д.П. Малюги (1963), А.Л. Ковалевского (1984).

Биогеохимические исследования сыграли важную роль в открытии многих месторождений руд цветных и редких металлов, сырья для атомной промышленности и других полезных ископаемых. В настоящее время биогеохимический метод значительно усовершенствован, имеются его различные варианты, разработанные с учетом достижений биогеохимии и современных технических возможностей.

Второе направление биогеохимии, важное в практическом отношении, заключается в изучении влияния содержания химических элементов в окружающей среде на организмы животных и человека<sup>6</sup>. Подчеркнем, что речь идет о концентрации химических элементов, обусловленной исключительно природными факторами. В отдельных районах геохимические отклонения настолько велики, что вызывают ответные, часто патологические реакции организмов. Такие районы получили название биогеохимических провинций (Виноградов А.П., 1962).

В.В. Ковальский и его сотрудники (1974) обнаружили связь между продуктивностью сельскохозяйственного скота и избытком и недостатком бора, кобальта, меди, молибдена, селена. Аналогичные исследования в 1973 г. были выполнены в Англии и Ирландии под руководством Дж. Уэбба (1964, 1966), в США – Р. Ибинсом и др.

В некоторых местах установлено влияние содержания микроэлементов в питьевой воде и местных продуктах на здоровье человека. Одним из первых за рубежом к этой проблеме привлек внимание канадский биогеохимик Х. Уоррен (1961). Помимо широко известных примеров заболевания щитовидной железы от недостатка иода необходимо отметить интересное исследование о связи содержания микроэлементов в почвах и растениях с сердечнососудистыми заболеваниями в Джорджии (США), проведенное Х. Шаклеттом (1970). Финский геохимик М. Сальми (1963) обнаружил связь между содержанием свинца в горных породах и заболеванием рассеянным склерозом. Для организации методико-гигиенических мероприятий была разработана методика картографирования природных геохимических условий (Добровольский В.В., 1967).

Во второй половине прошлого столетия было развернуто изучение микроэлементов в связи с проблемами сельского хозяйства и медицины. Одним из инициаторов этих исследований стал крупный отечественный почвовед В.А. Ковда. В нашей стране начиная с 1950 г. систематически проводились научные конференции по проблемам микроэлементов: в Москве (1950), Баку (1954), Риге (1958), Киеве (1962), Улан-Удэ (1966), Ленинграде (1970), Риге (1975), Ивано-Франковске (1978), Кишиневе (1981), Чебоксарах (1986) и Самарканде (1990). Биогеохимики принимали активное участие в этой деятельности. Информация о результатах изучения биогеохимии микроэлементов в разных научных центрах публиковалась в ежегодных сборниках в форме систематических обзоров. Наиболее значительны достижения в изучении микроэлементов в системе почва – растения. Под руководством В.А. Ковды и Н.Г. Зырина впервые были составлены карты содержания бора, марганца, цинка, меди и молибдена в почвах на обширной территории Восточно-Европейской равнины.

Рассмотренные выше направления существуют длительное время и стали традиционными в биогеохимии. Третье направление начало складываться в конце 1960-х – начале 1970-х гг. и окончательно определилось в 1972 г. после Стокгольмской конференции ООН, посвященной проблемам состояния и охраны окружающей среды.

Мировое сообщество серьезно озабочено тем, что производственная деятельность достигла опасного уровня и стала отрицательно сказываться на состоянии природы. Предпринимаются усилия по координации исследований в области изучения содержания и распределения опасных загрязнителей и разработке национальных и международных программ, направленных на организацию контроля за загрязнением окружающей среды, изучением закономерностей, поддерживающих нормальное состояние биосферы. Были созданы программы ООН по окружающей среде (UNEP– United Nation Environment Programme), глобального мониторинга (GEMS– Global Environmental Monitoring System), «Человек и биосфера» (MAB – Man and the Biosphere), «Глобальные изменения» (Global Changes). Программы курируют ЮНЕСКО и Научный комитет по проблемам окружающей среды Международного союза научных обществ (SCOPE– Scientific Committee on Problems of the Environment).

Биогеохимия, предметом изучения которой служат процессы миграции и массообмена химических элементов, связывающих в единое целое окружающую среду и живые организмы, может стать теоретической основой для комплексных биосферных исследований и осуществления упомянутых выше программ. Биогеохимики принимают

самое активное участие в изучении современного геохимического состояния природных систем и их трансформации под воздействием хозяйственной деятельности человечества.

На Стокгольмской конференции ООН среди приоритетных загрязнителей были названы тяжелые металлы. Их воздействие на живые организмы привлекло пристальное внимание ученых. Результаты исследований в этой области были рассмотрены на серии конференций, посвященных проблеме «Тяжелые металлы в окружающей среде» («Heavy metals in the Environment»). Первая конференция была проведена в Торонто (Канада) в 1975 г., затем в Амстердаме (Нидерланды) в 1991 г., в Гейдельберге (Германия) в 1983 г. и в Афинах (Греция) в 1985 г.

По инициативе Доми С. Адриано, руководителя отдела биогеохимической экологии Саванахской экологической лаборатории США, были предприняты усилия по консолидации исследований в области биогеохимии рассеянных элементов на международном уровне в форме регулярных международных конференций: International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements – ICOBTE. Первая конференция ICOBTE состоялась в г. Орландо (США) в 1990 г., вторая – в Тайбее (Тайвань) в 1994 г., третья – в Париже (Франция) в 1995 г., четвертая – в г. Беркли (США) в 1997 г., пятая – в Вене (Австрия) в 1999 г., шестая – в г. Гуэлф (Канада) в 2001 г., седьмая предполагается в г. Упсала (Швеция) в 2003 г.

Результаты биогеохимических исследований публикуются в периодической научной литературе многих стран. Среди отечественных журналов – это «Почвоведение», «Вестник МГУ» (серии почвоведения и географии), «География и природные ресурсы». Ценные материалы печатаются в трудах биогеохимической лаборатории Российской Академии Наук.

Следует обратить особое внимание на актуальность преподавания основ биогеохимии для подготовки специалистов естественного профиля в высшей школе. Знание теоретических основ биогеохимии необходимо для предотвращения экологически негативных последствий хозяйственной деятельности людей и нейтрализации уже возникших экологических обострений.

### **Глава 3. Роль советских ученых в биогеохимии**

Развитие биогеохимии как науки стало возможным благодаря ученикам и последователям В.И. Вернадского. Рассмотрение поведения одного или группы химических элементов изолированно, как отмечал В.В. Ковальский, вне связи организма и среды теряет смысл в биогеохимии, ибо биогеохимия есть системная наука.

Биогеохимию В.В. Ковальский определял как науку о системной организованности биосферы и биогенных циклов химических элементов. В её основе лежит эволюционное единство жизни, живого вещества и их среды, определяющих закономерности биогенной миграции атомов и форм их биогенных соединений.

В 1917-1920 гг. были выделены основные направления и задачи биогеохимии как науки. В.И. Вернадский в 1926 г. публикует монографию «Биосфера». Она открывает новые пути познания планеты Земля. В ней основным фактором геохимической эволюции биосферы В.И. Вернадский принимает живое вещество.

За 1934-1944 гг. В.И. Вернадский публикует 6 работ по «Проблемам биогеохимии». В 1980 г. в свет выходит монографический сборник работ, в котором изложены идеи В.И. Вернадского о путях развития биогеохимии. Заключительным этапом его творчества было посмертное издание монографии «Химическое строение биосферы Земли и её окружения» в 1965 г., однако она была завершена ещё к 1945 г.

Развитие биогеохимии в СССР было связано с деятельностью Отдела живого вещества, который был сформирован В.И. Вернадским в 1926 г. Биогеохимическая лаборатория АН СССР начинает функционировать с октября 1928 года.

В Лаборатории разрабатывались и внедрялись высокоэффективные и чувствительные методы анализа макро- и микроэлементов в организмах. Большое значение имеют исследования С.А. Боровик и Т.Ф. Боровик-Романовой по применению эмиссионной спектроскопии для анализа природных объектов. Для развития биогеохимии важное значение имеют исследования А.П. Виноградова по геохимии редких и рассеянных химических элементов в почвах.

В 1970 г. исследованию микроэлементов в почвах была посвящена монография В.В. Ковальского и Г.А. Андриановой. Как отмечают авторы, при биогеохимических исследованиях почва является связующим звеном, охватывающим почвообразующую породу и живые организмы.

Первые исследования Биогеохимической лаборатории были посвящены изучению биогеохимии отдельных жизненно важных элементов: йода, брома, никеля, кобальта и рубидия. В 30-е годы Лаборатория привлекает к своим исследованиям другие научные учреждения например, Лабораторию сравнительной биохимии АН УССР. В результате совместными трудами были изучены закономерности суточных, годовых (сезонных) и приливно-отливных ритмов (прибрежная зона морей), показавших, что биологические ритмы могут быть динамическими характеристиками видов и других системных единиц.

В 1943 г. В.В. Ковальским во Всесоюзном институте животноводства (ВАСХНИЛ), а с 1954 г. в Биогеохимической лаборатории Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР были развернуты исследования по изучению биогеохимической гетерогенности, мозаичности биосферы. Кроме того, В.В. Ковальский предложил модель биогеохимической пищевой цепи и системной организованности биогенного цикла химических элементов<sup>11</sup>, являющихся основой сравнительного изучения локальных биогеохимических изменений биосферы. Учёный разработал методологию биогеохимического районирования и картирования таксонов биосферы<sup>12</sup>. Такое районирование отражает системный принцип в естествознании и в биогеохимии, когда понятие жизни входит в понятие среды.

Учение о пороговых концентрациях, разрабатываемое геохимической экологией, предусматривает существование нижних и верхних пороговых концентраций в геохимической среде, в пищевых рационах, в жидкостях организма, в органах и тканях. Известно, что гигиенисты используют ПДК (предельно допустимая концентрация) или МДУ (максимально допустимый уровень). Биогеохимия использует сложную систему, определяемую данными геохимической экологии: концентрация химических элементов в среде, в районах, с одной стороны, с другой — пороговые концентрации нижняя и верхняя раскрывают адаптационно-экологические свойства организма, и живого вещества<sup>13</sup>. В.В. Ковальский является автором концепции критических концентраций микроэлементов. По его мнению, ниже нижнего порога наблюдается недостаточное содержание в среде одного, двух или нескольких сопряженных химических элементов, необходимых для регуляции процессов жизни. При этом нарушаются обменные процессы, нарушается активность ферментов, метаболическая слаженность путей обмена, морфогенеза, возникают дисфункции и эндемические заболевания. Подобные нарушения жизнедеятельности наблюдаются при избытке химических элементов выше верхних пороговых концентраций, что приводит в конечном итоге к эндемическим болезням. Между нижними и верхними пороговыми концентрациями существует нормальная регуляция гомеостатических состояний. По мере приближения концентрации химических

---

<sup>11</sup> Ковальский В.В. Системная организованность биогенного цикла химических элементов // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. - М.: Наука, 1981. - с. 189-202 (Тр. Биогеохим. лаб.; Т.19).

<sup>12</sup> Всесоюзная конференция по проблемам микроэлементов в биологии (12-16 октября 1981): Докл. Науч. Совета АН СССР по проблемам микроэлементов в биологии. - Кишинев: Штиинца, 1981. - 216 с.

<sup>13</sup> Ковальский В.В. Геохимическая среда, здоровье, болезни // Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. - Рига: Зинатне, 1976. с.177-192.

элементов к нижнему или верхнему порогу все более затрудняются гомеостатические регуляции. Пределы концентрации химических элементов между нижними и верхними порогами во внешней и внутренних средах представляют собой емкость гомеостатических регуляторных систем. Она характеризует важные свойства организмов, связанные с их развитием, обеспечением химическими элементами в оптимальных концентрациях. Учёный придавал ключевое значение сложной динамической системе взаимосвязанных адаптационно-экологических свойств организма.

В 1944 г. под руководством В.В. Ковальского были начаты исследования субрегионов биосферы и биогеохимических провинций таежно-лесного нечерноземного региона биосферы. При этом были обнаружены недостатки кобальта, йода и меди. В биогеохимических провинциях с недостатком кобальта у животных было диагностировано распространение эндемического гипо- и авитаминоза В<sub>12</sub><sup>14</sup>.

В биогеохимических провинциях с недостатком меди наблюдались эндемические анемии. При недостатке в среде йода возникали биогеохимические провинции с проявлением эндемического зоба и кретинизма<sup>14</sup>. В йод-дефицитных биогеохимических провинциях среди животных было выявлено эндемическое бесплодие<sup>15</sup>.

При исследовании биогеохимического районирования Белоруссии было установлено, что при низком содержании в почвах меди полегание злаков может иметь характер эндемического заболевания<sup>16</sup>. За время исследований выделены субрегионы биосферы, дифференцированные по изменениям биогеохимической пищевой цепи, «азональные» кремневые, фторные и нитратные биогеохимические провинции. Изучены реакции организмов на высокое содержание кремния (уролитиаз)<sup>17</sup>.

Биогеохимическое районирование Молдавской ССР позволило выделить и охарактеризовать биогеохимические провинции на основании определения концентрации йода, кобальта, цинка, марганца, меди и установления биологических реакций растительных и животных организмов на недостаток кобальта, йода, цинка и избыток

---

<sup>14</sup> Ковальский В.В., Раецкая Ю.И. Синтез витамина В<sub>12</sub> в организме овец под влиянием кобальта и кальция в биогеохимической провинции, бедной кобальтом // Докл. АН СССР, 1955. - Т.100. - №6. - с. 1131-1134.

<sup>15</sup> Смирнова Е.И. Роль йода в воспроизводительной функции крупного рогатого скота // Биологическая роль йода. - М.: Колос, 1972. - с.90-101.

<sup>16</sup> Ковальский В.В., Масляная М.К. Эндемическое полегание злаков. - Агрохимия, 1964. - №1. - с.93-109.

<sup>17</sup> Сусликов В.Л., Семенов В.Д. Биогеохимическое районирование Чувашской АССР//Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. - М.: Наука, 1981. - с.65-85. (Тр. Биогеохим. Лаб.; Т.19).

меди<sup>18</sup>. В лесостепном, степном и черноземном регионе биосферы были очерчены биогеохимические провинции, бедные йодом, что приводит к эндемическому увеличению щитовидной железы. У крупного рогатого скота могут возникать остеодистрофии при нарушении отношения кальция/фосфор<sup>19</sup>.

Первые исследования биогеохимических провинций Южного Урала были проведены в 1948 г. В пределах этого субрегиона биосферы были выделены медно-цинковые и никель-кобальтово-медные биогеохимические провинции. В них среди населения установлены эндемические анемии, у животных гепатиты, редко — цирроз печени, вызываемые избытком меди, поражения эктодермальных тканей при избытке в среде никеля. В этих условиях наблюдаются морфологические изменения растений<sup>20</sup>.

Субрегионы биосферы, обогащенные бором, выявлены в сухостойном, полупустынном, пустынном субрегионе биосферы и Северном Казахстане. В этих регионах у животных возникает эндемическая атаксия. Известно, что практически во всех континентальных и горных регионах биосферы широко распространена йодная недостаточность. Важные исследования по биогеохимическому районированию и обменным процессам в щитовидной железе человека были проведены на Украине, в Карпатах, в Центральной нечернозёмной зоне, в Чувашии, в Казахстане, в Армении, Дагестане, по эндемическому зобу и бесплодию — в Амурской обл. и др<sup>21</sup>.

Проведено биогеохимическое районирование частей Читинской и Амурской областей, в которых распространена урвовская эндемическая болезнь — симметричный деформирующий остеоартроз<sup>14</sup>.

В Северном и Южном Таджикистане выявлены субрегионы биосферы и биогеохимические провинции с высокой концентрацией кальция и стронция. При относительном повышении концентрации стронция и понижении кальция уменьшается отношение кальция/стронций. В этом случае у человека могут возникнуть эндемические хондродистрофии и их наследственные формы и витамин D-резистентная форма рахита, у животных — эндемическая ломкость костей<sup>13</sup>.

---

<sup>18</sup> Бумбу Я.В. Биогеохимия микроэлементов в растениях, почвах и природных водах Молдавии. - Кишинев: Штиинца, 1981. - 274 с.

<sup>19</sup> Кабыш А.А. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у животных на почве недостатка и избытка микроэлементов в зоне Южного Урала. - Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати», 2006. - 408 с.

<sup>20</sup> Петрунина Н.С. Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (никеля, кобальта, меди, молибдена, свинца и цинка) // Проблемы геохимической экологии растений. - М.: Наука, 1974. - с.57-117. (Тр. Биогеохим. лаб.; Т.13).

<sup>21</sup> Биологическая роль йода. — М.: Колос, 1972. — 192 с.

В Амурской области выделены субрегионы биосферы с недостатком йода, в которых распространен эндемический зоб у человека и животных, а также эндемическое бесплодие, провинции с пониженным содержанием цинка и кобальта, с содержанием меди, близком к нижним пороговым концентрациям<sup>22</sup>.

Важные материалы для биогеохимического районирования Бурятии получены в исследованиях, установивших распространенность эндемических заболеваний (эндемического зоба, уrolитиаза, атаксии, уровской болезни, акабальтозов, флюороза) в зависимости от содержания микроэлементов в геохимической среде<sup>23</sup>. В Туве выделен субрегион, обогащенный селеном, в котором наблюдаются у животных характерные признаки селенового токсикоза.

Изучены многочисленные субрегионы биосферы: богатые кобальтом, техногенные и естественные, в которых наблюдалась задержка синтеза у животных витаминов В12 (Армения). Известны молибденовые биогеохимические провинции в Сербии, где среди населения распространены эндемические нефриты<sup>24</sup>.

Конкретизация биогеохимических свойств биосферы, выявленных на основе биогеохимического районирования и геохимической экологии, определила пути практического использования микроэлементов в народном хозяйстве. В.И. Вернадский считал, это важной стороной развития биогеохимии, как изучение жизни и геохимической среды. Первые атласы биогеохимического районирования были изданы в КНР и бывшем СССР<sup>25</sup>. Однако, подобных атласов биогеохимического районирования России до сих пор нет.

Развитие биогеохимии повлияло на разработку рецептур и технологий применения микроудобрений содержащих микроэлементы. Были разработаны специальные указания к применению в сельскохозяйственном производстве макро- и микроудобрений, с помощью которых можно целенаправленно изменять обмен веществ у растений, повышать их урожайность и качество продукции<sup>25</sup>.

---

<sup>22</sup> Ладан А.И. Содержание и соотношение химических элементов в Зейской биогеохимической провинции Приамурья и пути повышения продуктивности животных//Вопросы сельскохозяйственного освоения зоны БАМ в Амурской области. - Благовещенск, 1978. - С. 33-34.

<sup>23</sup> Жарников И.И., Балдаев Н.С., Собенникова Ф.Ф. Белково-витаминное и минеральное питание сельскохозяйственных животных. - Улан-Удэ: Бурят, кн.изд-во, 1973. - 183 с.

<sup>24</sup> Ковальский В.В., Ярова Г.А. Биогеохимические провинции, обогащенные молибденом//Агрохимия, 1966. - №8. - С.68-91

<sup>25</sup> Бойко Е.В., Белоусов М.А. Геохимия и биология минеральных удобрений. - Химизация соц. Земледелия, 1934. - Т.3. - №2. - с.112-117.

Микроэлементы в виде подкормок применяются в животноводстве с целью повышения продуктивности и качества продукции. Биогеохимическое районирование позволяет, таким образом, создать новые основы для распределения соответствующих подкормок<sup>26</sup>.

Хороший эффект имеют технологии использования микроэлементов в рыбном хозяйстве для повышения продуктивности рыбоводческих искусственных и естественных водоемов. Обширные исследования были проведены профессором В.И. Воробьевым<sup>27</sup> и профессором В.Ф. Зайцевым в Астрахани.

Большой интерес представляет на основе биогеохимического районирования и геохимической экологии разработка биогеохимических условий подавления и ликвидации эндемических заболеваний сельскохозяйственных животных и человека. Возникает новая область исследований — геохимическая экология эндемических заболеваний<sup>28</sup>.

В 70-90-х гг. проведены исследования, связанные с подкормкой микроэлементами лекарственных растений, основанные на данных геохимической экологии. Получена возможность помощью микроэлементов повысить выход действующих начал — флавоноидов, алкалоидов, гликозидов, веществ тонизирующего действия и др<sup>14</sup>.

В биогеохимии существует новое направление — антропологические исследования, развивающиеся на основе геохимической экологии. На основе исследований можно сделать вывод, что воздействие геохимической среды обитания человека на человеческий организм проявляется на индивидуальном уровне и на уровне групп населения, как это выяснилось при изучении геохимических эндемий<sup>29</sup>. При этом важной задачей является сопоставление антропологических характеристик с условиями геохимической среды, выявленными при биогеохимическом районировании, основанном на геохимической экологии.

Необходимо отметить, что идеи биогеохимии проникли в различные области теоретических наук и народнохозяйственную практику — в океанологию, медицину, растениеводство, животноводство, микробиологию, агрохимию, почвоведение, гигиену, в учение о биологической роли микроэлементов, в учение о роли металлов в органической

---

<sup>26</sup> Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. - М. - Л.: Химия, 1965. - 330 с.

<sup>27</sup> Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: изд-во «Литера», 1993. - 220 с.

<sup>28</sup> Ермаков В.В., Летунова С.В., Алексеева С.А. и др. Геохимическая экология организмов в условиях Южно-Ферганского ртутного субрегиона биосферы//Тр. Биогеохим. Лаб., 1991. - Т.22. - с.24-69.

<sup>29</sup> Алексеева Т.И. Биогеохимия и проблемы антропологии//В кн.: Современные задачи и проблемы биогеохимии. - М.: Наука, 1979. - С.110-120 (Тр.Биогеохим.лаб.; Т.17)

эволюции, в проблему биогеохимической инвентаризации флоры, в разработку проблем геохимического загрязнения среды и др.

На стыке XIX и XX вв. начала размываться видимая граница между такими науками как геология, химия и биология, и многие исследования стали выполняться в пограничных областях, что привело к возникновению новых междисциплинарных наук. Характерным примером таких исследований является появление в России в 1880-х годах генетического почвоведения.

Учение В.В. Докучаева углубило и конкретизировало представления великих химиков о деятельности живых организмов на примере широко распространенного природного образования – почвенного покрова суши. Одновременно впервые было показано неразрывное единство живых организмов с другими компонентами природной системы и невозможность существования этой системы без явлений жизни.

Основателем генетического почвоведения является российский ученый В.В. Докучаев (1846 - 1903). В его понимании генезис почвы представляет собой комбинацию многих почвообразующих факторов, таких как геологические породы, биологическая активность растений и животных, климатические условия, рельеф, грунтовые воды, физическое и химическое выветривание. В результате почва представляет единение двух разных компонентов, живой (биотической) и не живой (абиотической) и является биокосным телом.

В России основоположником биогеохимии стал В.И. Вернадский. Изучая происхождение минералов, он изучал миграцию химических элементов, формы химических минералов и их присутствие в различных породах. Базовым ядром научной концепции В.И. Вернадского, положенным в основу генетической минералогии, геохимии и, в дальнейшем, биогеохимии и науки о биосфере, была научная идея о тесном переплетении всех природных факторов в целом. В 1918 - 1919 гг. он организовал первые биогеохимические исследования в Крымском (Таврическом) университете. Идеи В.И. Вернадского о планетарной роли живого вещества были положены в основу геохимической теории формирования горючих ископаемых.

Биогеохимия тесно переплетена с другими науками о Земле, особенно изучающими состав геологических пород, минералов, природных вод и газов, а также с биологическими науками, исследующими взаимосвязи между организмами и средой обитания, например, экологией. При изучении экосистем основное внимание уделяется массообмену и миграции элементов в биологических пищевых цепях. Принципы биогеохимии нашли широкое применение и в микробиологии. Состав микроорганизмов и

среды очень тесно взаимосвязаны. Биогеохимический подход используется для оценки воздействия бактерий на состав атмосферы, природных вод и почв, процессы миграции и глобальные биогеохимические циклы различных элементов.

Важным направлением в применении биогеохимических исследований является геохимическая экология, имеющая дело с изучением биогеохимических аномалий. В этих аномалиях наблюдается дефицитное или избыточное содержание жизненно важных элементов в пищевых цепях, приводящие к нарушениям здоровья животных и проживающего населения. Работами В.В. Ковальского показано, что продуктивность скота коррелирует с содержанием в кормах бора, кобальта, меди, молибдена, селена и других элементов.

В наше время биогеохимия известна как очень продуктивная и высоко приоритетная научная дисциплина, объединяющая многие естественные науки, такие как биология, геология и химия, математика и физика, медицина, а также социальные науки (по сфере применения научных результатов и практическим выводам).

## Выводы

1. Определены основные понятия биогеохимии как науки. К их числу относят следующие понятия: живое вещество, биосфера, биогеохимические процессы, цикличность биогеохимических процессов. Живое существо это особая форма материи представляющая постоянно существующую планетарная совокупность различных организмов. Биосфера это сфера обитания организмов. Однако, по мнению В.И. Вернадский биосферу это наружная оболочка Земли, подвергающаяся геохимической деятельности живого вещества. Биогеохимические процессы это такие геохимические процессы обмена химических элементов, осуществляемые за счет жизнедеятельности организмов. Кроме того, в процессе научного изучения взаимодействия живых организмов с окружающей средой было обнаружено, что процессы биогенного массообмена имеют циклический характер. В результате исследований последних десятилетий было установлено, что жизненные циклы отдельных организмов или даже их групп сочетаются с циклическими процессами, обусловленными космическими и геофизическими причинами.

2. Определены основные этапы развития биогеохимии как науки. А. Лавуазье в конце XVIII в. сделал вывод об универсальности механизма круговорота при взаимодействии живых организмов с природой, показав универсальность обмена веществ между растениями, животными и средой обитания. Он написал трактат «Кругооборот элементов на поверхности земного шара», в котором обосновал идею циклического обмена химических элементов между тремя царствами природы: минеральным, растительным и животным.

В 1841 г. два выдающихся французских ученых – знаменитый химик, один из основателей органической химии Ж. Дюма, и основатель агрохимии, путешественник и натуралист - Ж. Буссенго, окончательно сформулировали идею циклического круговорота газов в системе живые организмы – атмосфера.

Ю. Либих установил, что химические элементы поступают в растения двумя способами, провел массу исследований, последовательно определив состав почв и содержание минеральных веществ в разных органах растений и животных, продуктах их жизнедеятельности. Он первым применил метод сопряженного анализа и доказал, что растения избирательно поглощают из почвы химические элементы. Он открыл закон минимума питательных элементов. В 1840 г. он издает книгу «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений».

В XIX в. популярность набирает наука геохимия. Химик геологической службы США Ф.У. Кларк в 80-х гг. XIX в. приступил к обобщению имевшихся аналитических данных. С 1889 г. по 1924 г. он публиковал сведения о среднем содержании химических элементов. Книга Ф. Кларка «The Data of Geochemistry» явилась первым объективным обоснованием закономерностей распределения главных химических элементов в земной коре.

В Норвегии выдающийся геохимик В.М. Гольдшмидт, разработал учение о глобальных закономерностях распределения химических элементов в зависимости от строения их атомов и ионов.

3. Среди советских учёных, внесших большой вклад в развитие биогеохимии, выделяют следующих: В.И. Вернадский, В.В. Ковальский, С.А. Боровик, Т.Ф. Боровик-Романова, А.П. Виноградов, Г.А. Андрианова, В.И. Воробьёв, В.В. Докучаев. Развитие биогеохимии в СССР было связано с деятельностью Биогеохимической лаборатории АН СССР. В Лаборатории разрабатывались и внедрялись высокоэффективные и чувствительные методы анализа макро- и микроэлементов в организмах. Первые исследования Биогеохимической лаборатории были посвящены изучению биогеохимии отдельных жизненно важных элементов: йода, брома, никеля, кобальта и рубидия. В.В. Ковальский разработал методологию биогеохимического районирования и картирования таксонов биосферы. Благодаря этому в КНР и бывшем СССР были изданы атласы биогеохимического районирования, с помощью которых появилась возможность корректировки гипо- и гипермикроэлементозов. Это нашло широкое применение в животноводстве, растениеводстве, океанологии, медицине, микробиологии, агрохимии, почвоведении, гигиены и других областях теоретических наук и народнохозяйственной практике.

## Список литературы

1. VIII Всесоюзная конференция по проблемам микроэлементов в биологии (24–27 мая 1978 г. Ивано-Франковск) «Биологическая роль микроэлементов». – М.: Наука, 1983. – 238 с.
2. Алексеева Т.И. Биогеохимия и проблемы антропологии//В кн.: Современные задачи и проблемы биогеохимии. - М.: Наука, 1979. - С.110-120 (Тр.Биогеохим.лаб.; Т.17)
3. Башкин В.Н. Биогеохимия. – М.: Научный мир, 2004. – 582 с.
4. Безуглова О.С., Орлов Д.С. Биогеохимия. – Ростов н/Д: «Феникс», 2000. – 320 с.
5. Биологическая роль йода. – М.: Колос, 1972. – 192 с.
6. Бойко Е.В., Белоусов М.А. Геохимия и биология минеральных удобрений. - Химизация соц. Земледелия, 1934. - Т.3. - №2. - с.112-117.
7. Бумбу Я.В. Биогеохимия микроэлементов в растениях, почвах и природных водах Молдавии. - Кишинев: Штиинца, 1981. - 274 с.
8. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 241 с.
9. Вернадский В.И. Очерки геохимии // Избр. соч.: В 5 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1.
10. Вернадский В.И. Труды по биогеохимии и геохимии почв. – М.: Наука, 1992. – 4
11. Вернадский и современность / Под ред. Б.С. Соколова и А.Л. Яншина. – М.: Наука, 1986. – 232 с.
12. Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: изд-во «Литера», 1993. - 220 с.
13. Всесоюзная конференция по проблемам микроэлементов в биологии (12-16 октября 1981): Докл. Науч. Совета АН СССР по проблемам микроэлементов в биологии. - Кишинев: Штиинца, 1981. - 216 с.
14. Ермаков В.В., Летунова С.В., Алексеева С.А. и др. Геохимическая экология организмов в условиях Южно-Ферганского ртутного субрегиона биосферы//Тр. Биогеохим. Лаб., 1991. - Т.22. - с.24-69.
15. Ермаков В.В., Мойсеенок А.Г., Самохин В.Т., Сафонов В.А., Мурох В.И., Василькевич И.Г., Пеховская Т.А. Преодоление недостаточности селена и йода в организме человека и животных: формирование межгосударственной программы //

Материалы V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы геохимической экологии». – Семипалатинск: СГПИ, 2005. – С.285–289.

16. Жарников И.И., Балдаев Н.С., Собенникова Ф.Ф. Белково-витаминное и минеральное питание сельскохозяйственных животных. - Улан-Удэ: Бурят, кн.изд-во, 1973. - 183 с

17. Кабыш А.А. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у животных на почве недостатка и избытка микроэлементов в зоне Южного Урала. - Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати», 2006. - 408 с.

18. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. - М. - Л.: Химия, 1965. - 330 с.

19. Ковальский В.В. 60 лет биогеохимии в СССР // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология (Тр. Биогеохим. Лаб. Т.20) — М.: Наука, 1985. - С. 5-24.

20. Ковальский В.В. Геохимическая среда, здоровье, болезни // Физиологическая роль и практическое применение микроэлементов. - Рига: Зинатне, 1976. с.177-192.

21. Ковальский В.В. Геохимическая экология: Очерки. - М.: Наука, 1974. - 299 с.

22. Ковальский В.В. Системная организованность биогенного цикла химических элементов // Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. - М.: Наука, 1981. - с. 189-202 (Тр. Биогеохим. лаб.; Т.19).

23. Ковальский В.В., Масляная М.К. Эндемическое полегание злаков. - Агрохимия, 1964. - №1. - с.93-109.

24. Ковальский В.В., Раецкая Ю.И. Синтез витамина В12 в организме овец под влиянием кобальта и кальция в биогеохимической провинции, бедной кобальтом // Докл. АН СССР, 1955. - Т.100. - №6. - с. 1131-1134.

25. Ковальский В.В., Ярова Г.А. Биогеохимические провинции, обогащенные молибденом//Агрохимия, 1966. - №8. - С.68-91

26. Ладан А.И. Содержание и соотношение химических элементов в Зейской биогеохимической провинции Приамурья и пути повышения продуктивности животных//Вопросы сельскохозяйственного освоения зоны БАМ в Амурской области. - Благовещенск, 1978. - С. 33-34.

27. Петрунина Н.С. Геохимическая экология растений в провинциях с избыточным содержанием микроэлементов (никеля, кобальта, меди, молибдена, свинца и

цинка) // Проблемы геохимической экологии растений. - М.: Наука, 1974. - с.57-117. (Тр. Биогеохим. лаб.; Т.13).

28. Смирнова Е.И. Роль йода в воспроизводительной функции крупного рогатого скота // Биологическая роль йода. - М.: Колос, 1972. - с.90-101.

29. Сусликов В.Л., Семенов В.Д. Биогеохимическое районирование Чувашской АССР//Биогеохимическое районирование и геохимическая экология. - М.: Наука, 1981. - с.65-85. (Тр. Биогеохим. Лаб.; Т.19).