**Министерство сельского хозяйства РФ**

**Департамент научно-технологической политики и образования**

**ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»**

Кафедра Философии и культурологии

**Тема: «Зарождение научных основ геохимии почв»**

Реферат к кандидатским экзаменам по истории и философии науки

Выполнила: Алескерова Е.Н.

Научный руководитель: д.б.н., проф.

Убугунов Л.Л.

Проверила: к.ф.н., доцент

Баторова Е.Б.

Улан-Удэ, 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение…………………………………………………………………. | 3 |
| Глава 1. Становление и развитие геохимии как науки. Этапы развития геохимии…………………………………………...……………….. | 7 |
| Глава 2. Геохимия в эпоху научно-технической революции………… | 22 |
| Глава 3. Современный этап геохимии…………………………………. | 24 |
| Заключение………………………………………………………………. | 27 |
| Библиографический список…………………………………………….. | 28 |

**ВВЕДЕНИЕ**

**Геохимия** - сравнительно молодая геологическая наука, возникшая в конце XIX века. Это комплексная наука, образовавшаяся на стыке двух фундаментальных наук - геологии и химии. В то же время она тесно соприкасается с физикой, а по ряду вопросов - с астрономией и биологией.

**Актуальность темы:** Человек влияет на химический и изотопный состав атмосферы, биосферы и земной коры, и это влияние с каждым столетием непрерывно растет. Геохимия стала особенно актуальна во второй половине XX века, явившись наиболее целостной научной основой при решении многих проблем, связанных с загрязнением природной среды, поэтому необходимо знать историю науки геохимия.

Основоположником геохимии является выдающийся русский ученый В.И. Вернадский, высокообразованный исследователь-естествоиспытатель с философским складом ума [3]. Он дал определение геохимии как науки, указал объект и предмет исследования. Позже определения геохимии были даны А.Е. Ферсманом, В.И. Лебедевым и др [15]. Так, по В.И. Вернадскому: «Геохимия научно изучает *химические элементы*, т.е. *атомы* земной коры и, насколько возможно, всей планеты. Она изучает их историю, их распределение и движение в пространстве-времени, их генетическое на нашей планете соотношение». По А.Е. Ферсману, «Геохимия изучает историю химических элементов - атомов в земной коре и их поведение при различных термодинамических условиях природы». Известен ряд других определений: «Геохимия есть естественная история химических элементов» - А. Поланьский и К. Смуликовский. «Геохимия есть наука о распределении - концентрации и рассеянии химических элементов в земной коре» - В.И. Лебедев. «Геохимия - это история атомов Земли» - А.И. Перельман [10,11].

*Задачи и проблемы* геохимии исключительно многообразны, а потому и определения их значительно варьируют. По Ф.У. Кларку, каждая порода представляет собой химическую равновесную систему, которая может изменяться под действием различных агентов с образованием новой системы, стабильной в новых условиях; «определить, какие изменения возможны, как и где они происходят, наблюдать явления, которые сопровождают их, и отметить их окончательный результат - вот задача геохимика» [17]. В.М. Гольдшмидт отмечает, что «*основной задачей* геохимии является, с одной стороны, количественное определение состава Земли и ее частей и, с другой - установление *законов*, которые контролируют распределение отдельных элементов» [18]. А.Е. Ферсман *задачу* геохимии видел в «выяснении законов сочетания элементов и минералов в земной коре, их качественных и количественных соотношений в топографической и хронологической связи» [15].

Современная геохимия включает много новых разделов, она дифференцировалась и, естественно, охватывает проблемы из различных областей естествознания. Так, появилась геохимия изотопов, ядерная геохимия, геохимия редких и рассеянных элементов в почвах, геохимия ландшафта, физическая геохимия, гидрогеохимия, прикладная геохимия, геохимия ноосферы и другие, со своими задачами и проблемами.

Поскольку геохимия - наука комплексная, она использует весь арсенал методов сопредельных наук. Геохимия, как самостоятельная наука, имеет и свои *методы*, и *методики* исследования. В течение последних десятилетий минувшего века произошло кардинальное усовершенствование старых и развитие новых аналитических методов изучения горных пород и минералов, в связи, с чем анализ геохимических данных превратился в неотъемлемую часть комплексных геологических исследований. Открылись новые возможности классификации магматических, метаморфических, осадочных пород, изучения эволюции их состава и строения, определения геодинамических (точнее - палеотектонических) обстановок их формирования.

Таким образом, геохимия как самостоятельная наука имеет свои *объекты* (предмет) исследования (горные породы, минералы, атомы - элементы земной коры); *свои задачи и проблемы* - познание законов движения атомов химических элементов, приводящих в одних частях земной коры к рассеянию, а в других - к концентрации, т.е. выявление химической сущности геологических процессов и явлений; *методы исследования*, как заимствованные, так и собственно геохимические. Последние основаны на анализе *природных систем* и *процессов* с использованием периодической таблицы, объясняющей ассоциации элементов, обусловленные законами строения атомов, а также и средой. Кроме того, природные процессы рассматриваются *во времени и пространстве* (например, геохимическая зональность).

Заслуживают особого внимания вопросы *методологии* геохимии для правильной оценки ее достижений, подходов для дальнейшего изучения вещества и преподавания предмета. Будучи наукой сложной, состоящей из ряда других обособившихся в ней наук, направлений или систем, геохимия сама является частью  *геологической* системы знаний. Так, петрография - минералогия - геохимия - это цепь геологических наук, которая реально отражает существующее в природе единство: горная порода - минерал - атом.

Геохимия использует идеи философии диалектического материализма. Как говорит Л.Н. Овчинников [9], «дифференциация вещества Земли - закономерное отражение движения и развития материи в диалектическом единстве *пространства и времени*. Эти всеобщие формы бытия материи особенно ясно обнаруживают свое единство в геологических процессах и в тех закономерностях, которые определяют образование продуктов этих процессов».

Сформулированное В.И. Вернадским, а затем и А.Е. Ферсманом понятие науки - *изучение природных процессов на уровне атома* - есть главная особенность методологии геохимии, ее специфика [4, 15]. Еще одна важная особенность методологии геохимии - изучение противоположно направленных природных процессов - *миграция элементов* (концентрация, с одной стороны, и рассеяние - с другой). В процессе развития науки менялись и подходы к изучению миграции. На первых этапах развития геохимии изучение миграции проводилось на вещественно-энергетическом уровне, затем подключился еще один очень важный аспект изучения - *информационный*. Если взаимодействие в пространстве определяется, прежде всего, обменом веществ и энергии, то в характеристике временных отношений на первый план выходит сохранение и передача информации. Энергетические, субстанционные и информационные процессы в природе протекают одновременно и согласованно. Их взаимосвязь отражена в законе сохранения вещества и энергии, в понятии «энтропии» [8]. Миграция может рассматриваться и в системном аспекте. Это и Земля в целом с ее оболочками, и гидросфера, атмосфера, кора выветривания, почва, т.е. любые объекты природы могут быть представлены как системы (геохимия систем). При изучении систем также исследуется вещество, энергия, информация, среда. Миграция химических элементов в различных системах может рассматриваться и по принципу геохимических барьеров [10].

Еще один важный методологический принцип геохимии *- историзм*. Нужно не просто описать объект и объяснить механизм его появления, но еще и обратиться к *временной* форме существования материи (кроме пространства и движения). Это ретроспективное направление системных исследований или, по выражению Л.Н. Овчинникова [9], метод ретросказания - теоретической реставрации - ключ от настоящего к прошлому. Процессы миграции можно рассматривать и как вероятностные, и как детерминированные, для анализа которых используются разные математические аппараты.

**Цель данной работы** – рассмотреть историю возникновения и становления геохимии как науки, ее современное состояние.

**Задачи данной работы:**

1. Рассмотреть историю становления и развития геохимии как науки
2. Изучить развитие геохимии в эпоху научно-технической революции
3. Исследовать современный этап геохимии

**Глава 1. Становление и развитие геохимии как науки**

Геохимия – одна из наиболее перспективных отраслей современной геологической науки, ее по праву можно назвать наукой XXI века. Однако корни геохимии уходят в далекое прошлое естествознания.

Уже в античное время существовали некоторые представления о естественной истории атомов, но они неизбежно носили натурфилософский характер.

Первые опытные данные по химии древние народы Вавилона, Египта, Индии и Китая получали при производстве стекла, выплавлении металлов из руд, изготовлении красителей и т. д. Сведения о химическом составе природных соединений были унаследованы последующими поколениями и дошли до эпохи средневековья.

Историю геохимии удобно изложить поэтапно, как это сделано А.Е. Ферсманом, отметив в каждом этапе фундаментальные открытия в области естествознания, которые оказали существенное влияние на развитие химии, минералоги, физики и, в итоге, геохимии. Геохимия выросла из минералогии и химии, точное понимание которых оформилось примерно к XVI веку [15]. История становления и развития геохимии включает в себя следующие этапы:

**I этап** – Эмпирический – 16 – 19 век – предпосылки становления науки геохимия.

**II этап** – Аналитический (физико-химический) – конец 19 – начало 20 века, становление геохимии как самостоятельной науки.

**III этап** – Кристаллохимический – 30-е и 40-е годы 20 века, развитие геохимии проходило по кристаллохимическому направлению благодаря выдающимся работам В.М. Гольдшмидта.

**IV этап** – Геоэнергетический – Этот этап связан с именем А.Е. Ферсмана.

**1.1. I этап - Эмпирический**

В Западной Европе в эпоху средневековья познание химического состава природных тел происходило стихийно и было связано, в первую очередь, с трудами алхимиков и их последователей. Наиболее яркая фигура конца этой эпохи – **Теофраст Парацельс** (1493–1541), утвердивший химию в медицине и высказавший ряд идей, близких к геохимии, о круговороте веществ в природе.

Его современник **Агрикола** (1494–1555) изучал рудные месторождения Центральной Европы и в своих работах дал первую для того времени сводку знаний по металлургии, минералогии и горному делу. В его работах мы встречаем некоторые геохимические идеи, связанные с генезисом минералов.

Первостепенное значение в истории химии имело введение понятия о химическом элементе как последней инстанции делимости вещества, составной части всех природных образований. Понятие о химическом элементе было введено в науку английским врачом и химиком **Робертом Бойлем** (1627–1691). Бойль интересовался также химией океана и атмосферы. Он выполнил первые анализы морской воды и указал на сложный состав атмосферного воздуха. Исследования Р. Бойля совпали со значительными успехами горнорудного дела в Центральной Европе и развитием механики.

В 1676 г. **Христиан Гюйгенс** (1629–1695) впервые выдвинул идею о единстве химического состава космоса. В труде «Kosmotheoros» (1704), который он завершил за несколько недель до смерти, Гюйгенс высказал сокровенные мысли о строении мира. В нем отчетливо выражены два принципа огромной важности: тождество материального состава и физических сил в космосе и понятие о жизни, как о явлении космическом и принципиально отличном от косной материи.

Вопросы химии Земли в планетарных масштабах были затронуты в работах **Э. Галлея** (1656–1742) и **Л. Бюффона** (1707–1788). Э. Галлею принадлежит первая попытка определения возраста океана по количеству накопленных в нем солей, приносимых реками с поверхности суши. Л. Бюффон в «Эпохах природы» (1780) нарисовал первую картину истории Земли, начиная от ее огненно-жидкого состояния. Несколько ранее **Г.В. Лейбниц** (1646–1716) выступил с утверждением об огненно-жидком начале Земли, с которым, по его мнению, связана ее шаровидная форма.

К середине XVII столетия было собрано и описано много минералов и горных пород, значительно расширились сведения об их химическом составе. Появились предпосылки для возникновения научной минералогии, кристаллографии и геологии. В Центральной Европе горнорудное дело и металлургия достигают значительного развития в связи с возросшей потребностью в металлах. В России расширяется эксплуатация минеральных богатств. На этот период приходится деятельность выдающегося русского ученого-энциклопедиста **М.В. Ломоносова** (1711–1765).

Михаил Васильевич Ломоносов был убежденным атомистом. Он рассматривал Землю как сферическое тело, подчиняющееся в своем развитии законам физики, химии и механики, одним из первых выдвинул кинетическую теорию строения вещества, сформулировал и обосновал закон сохранения вещества – фундаментальный закон всего естествознания. Ломоносовым впервые были описаны некоторые геохимические свойства металлов. Происхождение рудных жил он связывал с процессом осаждения химических соединений из воды, проходящей по трещинам горных пород. В работах М. Ломоносова мы встречаем первые идеи о «сонахождении» минералов – парагенезисе, который окончательно утвердился в минералогии в середине XIX в. Геометрическую форму кристаллов М.В. Ломоносов рассматривал как отражение соответствующего правильного расположения шарообразных частиц, а не молекул, и таким образом предвосхитил учение об эффективных ионных радиусах современной кристаллохимии. Он допускал возможность органического происхождения угля путем обугливания растительных остатков без доступа воздуха при повышенных давлениях и температурах. Органическое происхождение приписывалось им также некоторым черным сланцам, асфальту и нефти.

Из сказанного следует, что во многих вопросах М. Ломоносов намного опередил науку своего времени. Однако по причине слабых научных связей между странами и ограниченности научной информации в целом идеи М.В. Ломоносова не нашли последователей за пределами России.

Во второй половине XVIII в. в дискуссиях между нептунистами (**А.Г. Вернер**) и плутонистами (**Дж. Хеттон**) зарождается научная геология. Возникает научная космогония благодаря трудам **Э. Канта**, а затем **П. Лапласа**.

**Дж. Пристли** (1733–1804) и **А. Лавуазье** (1743–1794) окончательно устанавливают химический состав воздуха. Открываются новые химические элементы. **Г.Дэви** (1778–1829) исследует рудничные газы, газы вулканов, открывает с помощью электролиза щелочные металлы – натрий и калий. В 1794 г. в Риге выходит книга **Э.Ф. Хладного** (1756-1827), члена-корреспондента Российской Академии наук, в которой доказывается космическое происхождение метеоритов. Ранее они считались земными образованиями. В 1802 г. **В. Говардом** в Англии и в 1804 г. **Т.Е. Ловицем** в России были выполнены первые химические анализы метеоритов, при этом обнаружено их минералогическое отличие от горных пород Земли. Эти открытия предопределили появленииние космохимии.

В 1807 г. профессор Харьковского университета **А. Стойкович** предположил, что метеориты – продукты распада одной из планет Солнечной системы, поскольку в метеоритах были обнаружены те же химические элементы, что и на Земле. Этот факт подтверждал идею единства химического состава мироздания.

С точки зрения геохимии несомненный интерес представляет книга горного деятеля и технолога академика **И.Ф. Германна** (1755–1815) «Естественная история меди», изданная в Петербурге в 1789 г. В ней описана технология извлечения отдельных химических элементов, основанная на изучении химических и физических свойств элементов и их нахождения в природе. Другой русский академик, **В.М. Севергин** (1765–1826), в книге «Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел» в 1798 г. формулирует понятие о естественных ассоциациях минералов, об их парагенезисе, обозначив это понятие термином «смежность минералов».

В 1815 г. английский минералог **В. Филлипс** (1773–1828) впервые предпринял попытку выяснить средний химический элементарный состав земной коры. Он дал оценку распространенности десяти химическим элементам и в общем правильно определил порядок их распространения, выделив при этом количественное преобладание четырех элементов – О, Si, А1, Fе, подобное преобладанию четырех элементов в живых организмах – О, Н, С, N.

В изучении химического состава отдельных минералов земной коры большая заслуга принадлежит шведскому химику **И.Я. Берцелиусу** (1779-1848), открывшему Ce, Se, Th, Та и получившему Si в чистом виде. Его исследования подводили прочный фундамент под здание будущей геохимии. Минералогию он определял как химию земной коры.

Один из видных натуралистов XIX в. – **Александр Гумбольдт** (1769-1859) чрезвычайно близко подходит к пониманию геохимической роли растений, закладывает основы биогеографии. В ранних работах он отмечает влияние организмов на окружающую среду. Совместно с французским химиком **Ж.Л. Гей-Люссаком** Гумбольдт доказывает однородность химического состава атмосферы на разных высотах, определяет состав воды в единицах объема кислорода и водорода.

Польский химик и врач **А. Снядецкий** (1768–1836) установил правило, в соответствии с которым рост массы и геохимическое действие живого вещества, обусловленные питанием и дыханием, при смене поколений происходят обратно пропорционально массе организма. Он первый высказал мысль о закономерном круговороте всех химических элементов земной коры.

**Ж.Б. Дюма** (1800–1884) и **Ж. Буссенго** (1802–1887) во Франции, **К. Шпренгель** (1787–1859) и **Ю. Либих** (1803–1873) в Германии и их последователи закладывают основы агрохимии и устанавливают геохимическое значение зеленых растений как ведущего фактора в газовом балансе нашей планеты. Ю. Либих и К. Шпренгель выясняют роль «зольных элементов» в жизни растений, в повышении плодородия почвы.

**Карл Бишоф** (1732–1870) в 1847 г. выпустил объемную монографию по химической и физической геологии, в которой представил большое количество геохимических данных, обосновал ведущую роль воды в химических процессах поверхности Земли, ярко описал историю развития многих химических элементов, доказал, что их развитие представляет собой круговые процессы.

Французский геолог **Ж. Эли-де-Бомон** (1798–1874), связывал историю химических элементов с магматическими и вулканическими процессами. Ж. Эли-де-Бомон впервые определил концентрацию элементов в горных породах и коре выветривания, указав, что наибольшее количество элементов концентрируется в гранитах, к которым приурочена концентрация Sn, W, Мо, Nb, Та, U, Th, редкоземельных элементов. Одновременно он отметил, что указанные элементы сосредоточиваются преимущественно в краевых частях гранитных интрузий. По Ж. Эли-де-Бомону, большинство химических элементов проникло в земную кору в первичные эпохи истории земного шара и в последующие геологические эпохи происходило лишь их перемещение.

Применение палеонтологического метода позволило в 1830–1840 гг. создать стратиграфическую колонку. В этот период в истории геологии появляется термин «геохимия». Он был введен швейцарским химиком **X. Шенбейном** (1791–1867) в 1838 г. В 1842 г. Шенбейн писал: «Уже несколько лет тому назад я публично высказал свое убеждение, что мы должны иметь геохимию, прежде чем речь может идти о настоящей геологической науке, которая, ясно, должна обращать внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар, и на их происхождение, по крайней мере, столько же, сколько и на относительную древность этих образований и в них погребенных остатков допотопных растений и животных».

Однако для возникновения геохимии понадобилось еще некоторое время. Это время наступило после утверждения атомно-молекулярной теории в физике и химии, после выяснения основных особенностей строения атома на основании периодического закона Д.И. Менделеева, после накопления большого количества эмпирических данных по распространению химических элементов в минералах и горных породах, после установления среднего химического состава земной коры в целом.

Как известно, идеи новой атомистики XIX столетия победили не сразу. Английский врач **Уильям Проут** в 1815 г. допускал, что атомы всех элементов сложены из протила, т. е. легчайшего атома водорода. Идеи о составе атомов из электрически заряженных частиц были выдвинуты примерно в то же время профессором минералогии и сельского хозяйства Московского университета **М.Г. Павловым** (1793–1840), правда, они носили умозрительный характер. Основателем научного атомизма следует считать **Дж. Дальтона** (1766–1844), затем **И. Берцелиуса** (1779–1848).

Можно заключить, что два выдающихся события во второй половине XIX в. подготовили фундамент для возникновения геохимии. Это изобретение в 1859 г. Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом спектрального анализа и открытие в 1869 г. периодического закона химических элементов Д.И. Менделеевым.

Открытие спектрального анализа неограниченно расширило возможности получения информации о химическом составе далеких звездных миров и подтвердило тождественность химических элементов Земли и космоса. Благодаря спектральному анализу стало возможным выявление химического состава горных пород и минералов, определение содержания в них редких и рассеянных элементов.

В 1860 г. **Р. Бунзен** и **Г. Кирхгоф**, исследуя спектр минерала лепидолита, обнаружили в нем неизвестные красные и голубые линии. Оказалось, что они относятся к новым элементам – рубидию и цезию. В том же году Р. Бунзен выделил эти элементы из лепидолита и минеральных вод. В 1868 г. с помощью спектрального анализа **Ж. Жансен** и **Н. Локьер** выявили присутствие на Солнце неизвестного элемента, названного ими гелием. И только 27 лет спустя **В. Рамзай** обнаружил гелий в составе норвежского клевеита (разновидность уранинита, обогащенная Th).

Периодический закон элементов, сформулированный **Д.И. Менделеевым** в 1869 г., выразил естественную классификацию химических элементов и вскоре стал путеводной звездой в расшифровке строения атома. Величайшие достижения науки XX в., создание атомной, затем ядерной физики и квантовой механики во многом стали возможными благодаря открытию периодического закона.

В своей научной деятельности Д.И. Менделеев (1834–1907) большое

внимание уделял геохимическим вопросам. Первые его шаги в науке были связаны с химическим анализом ортита и явлениями изоморфизма. В монументальном двухтомном издании «Основ химии» (1869–1871) при характеристике элементов и их соединений и в специальных лекциях по геохимии в 1871 г. он органически объединял вопросы общей химии с поведением элементов в природе. Д.И. Менделеев явился автором гипотезы неорганического происхождения нефти. В период своей деятельности в Петербургском университете он, как и его коллега **В.В. Докучаев,** имел много учеников и последователей. Некоторые из них впоследствии приняли активное участие в развитии геохимии.

Во второй половине XIX в. накапливается огромный аналитический материал по составу минералов и горных пород, вод суши и Мирового океана. Расширяются исследования по искусственному синтезу минералов.

**Я.Г. Вант-Гофф** (1852–1911) устанавливает закономерности формирования соляных месторождений.

В 1873–1876 г. экспедиция, работавшая на судне «Челленджер», собрала большое количество проб морского грунта и воды из разных мест Мирового океана. Обработанный в химических лабораториях материал экспедиции позволил определить средний химический состав гидросферы, установить его главную особенность – постоянство соотношений главных компонентов морской воды на всех географических широтах.

**Ф.У. Кларк** (1847–1931) в 1889 г. представляет первую сводную таблицу среднего химического состава земной коры, а 1908 г. выходит его капитальная сводка по геохимии «Data of Geochemistry». В ней были обобщены результаты работ тысячи исследователей, представлены обширные данные по составу горных пород, почв, вод и всех других природных образований, приведен баланс главных химических элементов в верхних оболочках Земли. В 1924 г. Кларк совместно с геологом  **Г. Вашингтоном** публикует итоговую таблицу средней распространенности элементов в верхнем шестнадцатикилометровом слое Земли. Это крупное научное обобщение стало фундаментом геохимии. Цифры Ф. Кларка и Г. Вашингтона для наиболее распространенных элементов мало изменились и сохранили свое значение и в настоящее время [17].

**1.2. II этап – Аналитический (физико-химический)**

На рубеже XIX и XX столетий возникает геохимическое направление науки в России. Его развитие связано с именем выдающегося натуралиста, академика В.И. Вернадского (1863–1945), в то время профессора Московского университета. Как отмечал В.И. Вернадский, «представление о геохимии как науке, об истории земных атомов возникло на фоне новой атомистики, новой химии и физики в тесной связи с тем представлением о минералогии, которое проводилось в Московском университете в 1890-1911 гг.». Исторический подход к изучению химических процессов земной коры на основании успехов атомистики явился оригинальной чертой развития геохимии в России [3].

Интенсивные темпы роста индустриализации страны резко повысили спрос на все виды минерального сырья, включая редкие и рассеянные элементы. Это объективно создавало благоприятные условия для развития геохимии в СССР, в том числе прикладной, направленной на поиск новых месторождений.

Работы В.И. Вернадского охватывают едва ли не все разделы геохимии, начиная от состава силикатов и заканчивая составом живых организмов и природных вод. На основе атомно-молекулярной теории В.И. Вернадский по-новому освещает геохимию алюминия, кремния, марганца и углерода, а также геохимию радиоактивных элементов. Благодаря работам ученого выясняется исключительно важная роль живого вещества – мощного концентратора космической энергии Солнца – в миграции химических элементов и в термодинамике нашей планеты в целом. В.И. Вернадский одним из первых всесторонне оценил значение радиоактивности для всех наук о Земле, показал ее тесную связь с геотермикой, геотектоникой, вековым изменением химического и изотопного состава нашей планеты. С деятельностью В.И. Вернадского связано начало дифференциации геохимической науки, начало новых направлений в науке о Земле – создание радиогеологии, или ядерной геологии, и биогеохимии [3,4,5].

Новая атомистика оказывает все возрастающее влияние на понимание истории химических элементов в природе. В первой трети XX в. наступает необычайно резкое расширение границ познания вещества. Атом для науки становится реальной осязаемой частицей определенных размеров, с известными физическими свойствами и особой структурой. Быстрый прогресс атомистики ознаменовался следующими открытиями: 1896 г. – открытие радиоактивности, 1897 г. – открытие электрона **Дж.Дж. Томсоном**, 1898 г. – открытие сильно радиоактивных элементов – радия и полония **Пьером Кюри** и **Марией Кюри-Склодовской**, 1911 г. – открытие атомного ядра **Э. Резерфордом**, создание первой модели атома.

В 1912 г. **М. Лауэ** совместно с **В. Фридрихом** и **П. Книппингом** открывают дифракцию рентгеновских лучей в кристаллах и экспериментально доказывают атомное строение кристаллического вещества. Последовавшие затем работы русского физика **Ю.В. Вульфа** и английских **У.Г.** и **У.Л. Брэггов** (1913) расшифровывают внутреннюю структуру простых кристаллов, а затем все более сложных. В 1913 г. установлен закон Мозли, в соответствии с которым химический порядковый номер элемента в таблице Д.И. Менделеева равен заряду атомного ядра. В том же году **Н. Бор** на основе квантовой теории разработал орбитальную модель атома. В 1925–1927 гг. **Л. де Бройль**, **Э. Шредингер, В. Гейзенберг** закладывают основы квантовой механики. В 1932 г. устанавливается нейтронно-протонная модель атомного ядра.

*В создании современной геохимии на основе атомной теории ведущая роль принадлежит В.М. Гольдшмидту (1888-1947), В.И. Вернадскому и А.Е. Ферсману (1883-1945), которые наряду с Ф. Кларком по праву считаются классиками геохимии.*

**1.3. III этап - Кристаллохимический**

Этот этап приходится на 30-е и 40-е годы 20 века, развитие геохимии проходило по кристаллохимическому направлению благодаря выдающимся работам В.М. Гольдшмидта.

**В.М. Гольдшмидт** – один из представителей норвежской школы минералогов, связанной с именами **И.Г. Фогта** (1858–1932) и **В. Брегера** (1851–1940), использовал ионные радиусы для объяснения формы кристаллов и форм нахождения элементов в минералах. На основании данных о строении атомов и их нахождении в природных телах он в 1924 г. предложил стройную геохимическую классификацию элементов, получившую широкую известность [18].

В.М. Гольдшмидт сформулировал цели и задачи геохимии как науки о распределении химических элементов в пределах Земли. Он изучал распространение элементов в разных природные телах, включая метеориты, дал одну из первых сводок космического распространения элементов и их изотопов, разработал теорию дифференциации элементов в процессе магматической кристаллизации. Наиболее крупная сводная работа по геохимии В.М. Гольдшмидта вышла в уже 1954 г., после его смерти [18]. Биогенное на­копление Be, Co, Ni, Zn, Ge, As, Cd, Sn и других редких элементов в гумусовом горизонте лесной почвы впервые обнаружил в 30-х годах В.М. Гольдшмидт. Позднее эти явления были установлены и в других почвах.

Большое значение для развития геохимии имели работы **И. Фогта** (1858–1932) в Норвегии по внедрению основ физической химии в петрологию, **П. Ниггли** (1888–1953) в Швейцарии по эволюции химического состава минералов и горных пород в ходе магматической дифференциации. Как для петрографии, так и для геохимии принципиальное значение имели экспериментальные исследования Н. **Боуэна** (1887–1956) в Вашингтоне по равновесиям многокомпонентных силикатных систем.

**1.4. IV этап - Геоэнергетический**

Этот этап связан с работами выдающегося ученого А.Е. Ферсманом. Идеи В.И. Вернадского имели огромное значение для развития геохимии в России. Вокруг него сформировалась новая геохимическая школа с многочисленными учениками и последователями, из которых наиболее известными вскоре стали **А.Е. Ферсман, А.П. Виноградов** и многие другие.

А.Е. Ферсман (1883–1945) – один из основателей современной геохимии, в 1912 г прочел первый курс геохимии. С тех пор его внимание к вопросам геохимии не ослабевало. После серии классических работ по геохимии России, полезным ископаемым и пегматитам в 1933–1939 гг. выходит его фундаментальный четырехтомный труд «Геохимия», в котором он дал ряд блестящих обобщений, всесторонне осветил проблему распространенности элементов, связав ее с последними достижениями астрофизики и атомной физики [15].

Многочисленные работы А.Е. Ферсмана посвящены изучению миграции химических элементов в земной коре в зависимости от строения их атомов и общих физико-химических свойств. Он выделил факторы миграции химических элементов и дал классификацию геохимических процессов. Разрабатывая геоэнергетическую теорию, Ферсман выявил последовательность выделения минералов из растворов и расплавов по мере понижения температуры в зависимости от величины энергии кристаллической решетки. С энергетических позиций он рассмотрел процессы миграции элементов в магматических, пегматитовых, гидротермальных и гипергенных процессах.

А.Е. Ферсман – основатель геохимических методов поисков полезных ископаемых, блестящий популяризатор новых идей в геохимии и организатор коллективных геохимических исследований. Он оставил после себя обширный круг учеников и последователей, из которых следует отметить: В.В. Щербину, углубившего наше понимание миграции элементов в зависимости от окислительно-восстановительных условий среды [16]; А.А. Саукова (1902–1964), изучавшего геохимию ртути, разработавшего теоретические основы геохимических методов поисков полезных ископаемых и наметившего направление исторической геохимии [12]**; К.А. Власова** (1905–1964), продолжившего изучение геохимии и минералогии пегматитов, организовавшего Институт геохимии, минералогии и кристаллохимии редких элементов; **Б.А. Гаврусевича** (1908–1965), изучавшего пегматиты Волыни и создавшего курс лекций по геохимии в Киевском университете.

Следует отметить, что в развитии геохимии приняли непосредственное участие те геологи, петрографы и почвоведы, которые при изучении формирования горных пород и почв неизбежно сталкивались с геохимическими вопросами.

**П.Н. Чирвинскому** принадлежит одна из первых попыток оценить средний химический состав Земли. Кроме того, он проводил петрографические и химические исследования метеоритов, которые и сейчас представляются значимыми для выяснения условий их образования.

**Д.С. Коржинскому** принадлежат оригинальные работы по физико-химическому анализу процессов минералообразования при метаморфических и метасоматических процессах.

Нельзя не отметить оригинальные исследования **Т. Барта** в Швеции, посвященные изучению геохимического круговорота элементов в верхних горизонтах планеты при формировании осадочных, метаморфических и магматических пород и их взаимных переходах. Барт развил идеи **И.Д. Лукашевича** (1863–1928) и **Ч. Ван-Хайза** (1857–1918) о большом круговороте вещества земной коры в разных термодинамических условиях.

В развитии геохимии осадкообразования непосредственное участие принимали многие геологи и литологи. В этом отношении следует отметить работы **Л.В. Пустовалова**, утвердившего понятие об осадочных геохимических фациях, **Н.М. Страхова** по общей теории литогенеза, в которой вопросы распределения ряда элементов в осадочных породах рассмотрены весьма подробно [13], **В. Крамбейна** и **Р. Гареллса** по анализу физико-химических условий седиментации в водоемах и минеральных равновесий в зоне гипергенеза [7, 18].

Почвовед **Б.Б. Полынов** (1877–1952) разработал учение о коре выветривания и положил начало новому направлению в науке – геохимии природных ландшафтов, которое в дальнейшем стало успешно развиваться благодаря трудам **В.А. Ковды, А.И. Перельмана, М.А. Глазовской** [11].

**Глава 2. Геохимия в эпоху научно-технической революции**

В эпоху НТР проблема минерального сырья приобрела исключительно важное значение. Выявилась потребность в германии, уране, бериллии, литии и других редких элементах, которые ранее практически не использовались промышленностью. Резко возросла добыча и распространенных элементов.

В 60-е годы особо актуальной стала проблема загрязнения окружающей среды. Теоретической основой решения обеих проблем во многом явились идеи и методы геохимии. Поэтому во второй половине XX столетия началось особенно быстрое ее развитие. Сильно расширился фронт работ, началась подготовка специалистов-геохимиков разного профиля. Этот сдвиг произошёл в послевоенные годы благодаря бурному развитию ядерной физики, сказавшемуся на смежных науках.

За это время в науке произошёл существенный прогресс. С одной стороны, накоплен огромный фактический материал, который, не изменив основополагающих идей, сформулированных в первой половине 20 века, стал эмпирической базой геохимии в 21-ом веке. Практически не осталось объектов, доступных для исследования, которые не были бы охарактеризованными современными данными. С другой стороны, существенно расширились области исследования – стало доступным дно океана, первые же результаты изучения которого привели к перевороту во взглядах на геологическую эволюцию Земли как планеты. Появление и прогресс космических исследований впервые в истории науки доставили в геохимические лаборатории грунт Луны, а автоматические аппараты передали (и передают) исключительно важную информацию о составах поверхностей теперь уже практически всех тел Солнечной системы. Комплексные исследования всех аспектов геохимии земной коры, гидросферы, атмосферы, привлечение данных биогеохимии и возможность сравнительного анализа истории внеземных объектов позволила начать изучение Земли как единой системы, тесно связанной с Космосом (В.И.Вернадский) [3, 4, 5].

Существенный прогресс в понимании геохимических процессов, протекающих в биосфере, обусловлен результатами изучения мирового океана. Количественная оценка речного стока, выяснение биогеохимической структуры океана и механизмов и роли живого вещества в формировании осадков, открытие и оценка масштабов глубоководных гидротермальных источников, открытие ранее неизвестных экосистем – все это открыло глаза на главные факторы, которые управляют составом морской воды и ее эволюцией.

Прогресс современной теоретической геохимии в значительной степени связан с экспериментальными исследованиями состояния вещества при высоких температурах и давлениях и последовательным привлечением к исследованию состояния геохимических систем и процессов, в них протекающих методов ЭВМ-моделирования.

Наряду с новыми работами соратников основателей этой науки появляются публикации новых исследователей. Идет углубленное изучение распределения и миграции элементов в различных частях земной коры. Большая работа в эти годы проводится АА Беусом, Б.А Гаврусевичем, С.В. Григоряном, Б.В и Г.В. Добровольскими, В.А. Жариковым, Н.С. Касимовым, Е.М. Квятковским, Н.П. Лаверовым, К.И. и В.К. Лукашевыми, Д.А. Минеевым, А.Е. Мирошниковым, А.М. Никаноровым, А.М. Овчинниковым, Л.Н. Овчинниковым, В.П. Парначевым, А.И. Перельманом, Е.В. Посоховым, А.Б. Роновым, Г.Б. Свешниковым, Л.В. Таусоном, П.А Удодовым.

И, наконец, следует назвать А.А. Саукова, В.В. Щербину, А.И. Тугаринова, Г.В. Войткевича и В.В. Закруткина, В.Ф. Барабанова, А.И. Перельмана, авторов учебников по курсу «Геохимия», по которым уже несколько десятилетий обучаются студенты в российских вузах [1, 2, 6, 11, 12, 14, 15] .

**Глава 3. Современный этап геохимии**

Современная геохимия - комплекс наук, объединяемых единой методологией и конкретными методами исследований. С одной стороны, геохимия широко использует достижения физики и химии, новейшие методы анализа и представления о строении вещества, с другой - огромный материал, накопленный геологическими науками, в частности [минералогией](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01318:article), [петрографией](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0130139:article), наукой о рудных месторождениях и другими.

Являясь наиболее актуальной фундаментально-прикладной наукой, геохимия является наукой о процессах миграции - концентрации и рассеивания химических элементов в разных геологических объектах - оболочки Земли, породы, осадки, почва, поверхностные и подземные воды.

В различной степени практически все труды исследователей в области геологии и минералогии XX и тем более XXI века связаны с геохимией. В России действуют целые институты и научные лаборатории, занимающиеся проблемами геохимии и ее направлений. Среди важнейших отметим [Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131064:article), [Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131063:article), [Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0129058:article), Геологический факультет СПбГУ, Институт геохимии им. А.П.Виноградова Сибирского отделения РАН, Институт геологии и минералогии Сибирского отделения РАН и др.; много геохимических центров находится в специализированных институтах и университетах США, Германии, Японии, Франции и др. странах [3, 4, 5].

К важнейшим задачам современной геохимии относятся:

* определение и уточнение относительной и абсолютной распространённости элементов и изотопов в Земле и на её поверхности в связи с появлением новых объектов и совершенствовании аналитических методов;
* изучение с привлечением методов физико-химического и математического моделирования [миграции элементов](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131050:article) в различных частях Земли (коре, мантии, гидросфере и т.д.) для выяснения причин и механизмов неравномерного распределения элементов;
* анализ распределения элементов и изотопов в космосе и на планетах Солнечной системы (космохимия);
* изучение и конкретизация вклада живых организмов в перераспределение и концентрирование химических элементов в геологических процессах (решение проблем биогеохимии и создание количественной модели биосферы).

Фактическим основанием геохимии служат количественные данные о содержании и распределении химических элементов и их [изотопов](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131048:article) в различных объектах ([минералах](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0129272:article), [рудах](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0130150:article), [горных породах](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0129264:article), водах и газах, живых организмах, структурных зонах земной коры, земной коре, мантии и Земле в целом, в разнообразных космических объектах и т.п.), а также данные о формах нахождения и состояния элементов в природном веществе (собственно минералы, примеси в минералах, различные формы рассеянного состояния; сведения о степени ионизации, характере химических связей элементов в фазах и т.п.). Получение этих данных опирается на геологическую характеристику объектов, современные физические и физико-химические методы определения содержания и состояния элементов в минеральном, жидком, газообразном и живом веществе (химические, спектральные, рентгено-спектральные, масс-спектральные, радиографии, активационные методы анализа, локальные, резонансные, спектроскопические методы определения состояния элементов в минералах, горных пород, жидкостях и т.п.), математические методы обработки данных.

Теоретическая база современной геохимии - физические и химические законы поведения вещества в различных термодинамических условиях (законы механики, термодинамики, физической химии, химии водных растворов и газов, кристаллохимии, физики твёрдого тела и т.п.). Для современной геохимии характерен комплексный, системный и эволюционный подход к стоящим перед нею проблемам.

Общими методологическими принципами разработки теории геохимии являются создание математических и физических моделей природных процессов, экспериментальное воспроизведение разделения химических элементов в различных условиях и определение фазовых равновесий и термодинамических свойств минералов и соединений элементов в расплавах и растворах, необходимых для расчёта равновесий в природных системах. Геохимия выработала собственные методы исследования: метод глобальных и локальных геохимических констант ([кларков](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131049:article)) элементов; изучение механизма формирования и химической эволюции земной коры на основе представлений о едином круговороте вещества ([геохимическом цикле](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131046:article)) при учёте принципиальной роли живого вещества [биосферы](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131040:article); геохимическое картирование и районирование, датирование абсолютной [геохронологии](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131047:article); методы [физико-химического анализа](http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0131052:article) парагенезисов минералов.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Было рассмотрено развитие геохимии как научной дисциплины от истоков ее возникновения и до современного этапа.

Геохимия, как и другие современные науки, имеет длительную предысторию. В развитие геохимии вложили вклад многие выдающиеся ученые, такие как А.Е. Ферсман, Ф.У. Кларк, В.М. Гольдшмидт и другие. Основателем геохимии считается В.И. Вернадский, он разработал основополагающие положения геохимии о миграции химических элементов, о значении изоморфизма для распределения элементов в земной коре, о формах нахождения элементов и явлении их рассеяния, а также развил понятия о биосфере и живом веществе.

В эпоху НТР в науке произошёл существенный прогресс. С одной стороны, накоплен огромный фактический материал, который, не изменив основополагающих идей, сформулированных в первой половине 20 века, стал эмпирической базой геохимии в 21-ом веке. Практически не осталось объектов, доступных для исследования, которые не были бы охарактеризованными современными данными.

Усовершенствование традиционных и применение новых методов исследования вещества подняли геохимию на качественно новую ступень развития. В ряду геологических исследований геохимия в настоящее время занимает одно из ведущих мест.

Состояние окружающей среды и здоровье населения зависят от подвижности и биодоступности некоторых микроэлементов. Поэтому поведение микроэлементов в экосистемах является приоритетной проблемой современных геохимических исследований.

Глобальные экологические проблемы должны решаться всеми службами, проводящими научные исследования: медиками, биологами, географами, почвоведами и, конечно, геохимиками.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Барабанов, В.Ф. Геохимия / В.Ф. Барабанов. – Л. : Недра, 1985. – 423 с.
2. Барабанов, В.Ф. Введение в экологическую геохимию: учеб. пособие для геолог. спец. ун-тов / В.Ф. Барабанов. – СПб. : СПбГУ, 1994. – 143 с.
3. Вернадский В.И. Очерки геохимии. 5-е изд. в серии "Библиотека трудов академика В.И. Вернадского. Труды по геохимии." М.: Наука, 1994, стр.159-468.
4. Вернадский В.И. Биосфера. В кн.: Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989, стр.6-150.
5. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. 3-е изд. в серии “Библиотека трудов академика В.И.Вернадского”. М.: Наука, 2001, 370 стр.
6. Войткевич, Г.В. Основы геохимии: учеб. пособие для студентов геологических специальностей вузов / Г.В. Войткевич, В.В. Закруткин. – М.: Высшая школа, 1976. – 368 с.
7. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М., Мир, 1968, 367 стр.
8. Историческая геология и эволюционная география. - СПб., 2001. - 262 с. Оргкомитет МС ИГЭГ РГПУ им. А.И. Герцена.
9. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. - М.: Недра, 1990. - 245с.
10. Перельман А.И. Биокосные системы Земли. - М.: Наука, 1977.
11. Перельман, А.И. Геохимия: учеб. пособие для геолог. спец. ун-тов /А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 423 с.
12. Сауков, А.А. Геохимия: учеб. пособие для студентов геологических специальностей вузов / А.А. Сауков. – М.: Наука, 1975. –477 с.
13. Страхов, Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли / Н.М. Страхов. – М. : Госгеолтехиздат, 1963. – 535 с.
14. Тугаринов, А.И. Общая геохимия: учеб. пособие для студентов геологических специальностей вузов / А. И. Тугаринов. – М. : Атомиздат, 1973. – 287 с.
15. Ферсман А.Е. Геохимия, т.I-IV. В кн.: А.Е.Ферсман. Избранные труды, т.III, стр.9-792, т.IV, стр.3-581, т.V, стр.3-414. М.: АН СССР, 1955-1959.
16. Щербина, В.В. Основы геохимии / В.В. Щербина. – М. : Недра, 1972. – 296 с.
17. Clarke F.W. The Data of Geochemistry. Fifth ed. U.S.Geol.Surv.Bull.770, 1924, 841 pp.
18. Goldschmidt V.M. Geochemistry. L.: Oxford Univ.Press, 1954, 730 pp.