ISBN 5262006847-1

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

Часть I



Хабаровск
2013

УДК 620.22
ББК Ж3
П 535

Рецензенты:

Институт горного дела ДВО РАН
Заместитель директора по научным вопросам, доктор технических наук
В.С. Литвинцев

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Литейное производство и технология металлов» ТОГУ
С.Н. Химухин

Авторы: А.Д. Верхотуров, В.М. Макиенко, Л.А. Коневцов, Д.В. Строителев, И.О. Романов

П 535 Получение новых материалов в Дальневосточном регионе : монография. В 2 ч. Ч. 1 / А.Д. Верхотуров [и др.] ; под ред. А.Д. Верхотурова. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 293 с. : ил.
ISBN 978-5-262-00684-7

Монография состоит из двух частей. В части 1 показан подход к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов, в том числе Дальнего Востока, на основе становления и развития современной науки о материалах – материалогии и её важного раздела – минералогической материалогии. Показаны примеры получения новых материалов на базе минералогической материалогии.

Предназначена аспирантам, специалистам, занимающимся данной проблемой, а также может быть полезна студентам 1-го и 2-го курсов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

УДК 620.22
ББК Ж3

ISBN 978-5-262-00684-7

© ДВГУПС, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Природные материалы (камень, глина, песок, солома, дерево, кости, шкуры животных, самородки металлов и др.), применяемые человеком с древнейших времён, по мере развития общества, не могли удовлетворять возрастающие потребности. Необходимы были новые материалы для обработки земли, дерева, камня; для строительства жилья и получения оружия и т. д. Проблема решалась интуитивно созданием новых (искусственных) материалов с требуемыми свойствами. Особенно возросли возможности человека при использовании металлов: вначале бронзы, а затем железа. Металлы и сейчас являются основными конструкционными и инструментальными материалами. Круг требований, предъявляемых к искусственным материалам, непрерывно расширяется. По мере развития цивилизации возрастает их уровень, а это означает постоянное создание материалов.

XX в. и особенно начало XXI в. характеризуются небывало высокими темпами разработки и внедрения новых материалов, обеспечивающих решение сложных технических проблем, вызванных современным научно-техническим прогрессом. Именно новые материалы стали ключевым звеном, определяющим успехи инженерных решений в машиностроении, космической, авиационной, атомной технике, судостроении, электронике и других областях человеческой деятельности. При этом было получено не только большое количество новых материалов с улучшенными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками на основе известных материалов, но и материалов с принципиально новой структурой и свойствами: конструкционной керамики, композитов, наноматериалов, полупроводников, аморфных материалов, пластмасс.

Современные успехи материаловедения многим обязаны достижениям металловедения и химии полимеров. Научной базой металловедения являются физика и химия конденсированного состояния. При этом существовало две ветви в развитии науки о материалах: экспериментальная и теоретическая, которые развивались практически независимо. Впечатляющие успехи были достигнуты физикой и химией в сочетании с развитием компьютерной техники. В конце прошлого века появилась возможность компьютерного моделирования, когда физическому эксперименту предшествовал расчёт на ЭВМ. Такое положение стало возможным благодаря появлению в 90-х г. XX в. компьютеров четвёртого поколения на кремниевых микрочипах.

Таким образом, развитие компьютерных и программных технологий привело к ситуации, когда исследователь на рабочем столе получил возможность с известным приближением моделировать, предсказывать и исследовать различные явления и процессы.

Возникла компьютерная наука, которая наряду с экспериментальной и теоретической рассматривается как третья ветвь в развитии науки о материалах. В то же время развитие физики и химии конденсированного состояния, физической химии, порошковой металлургии, физики и химии поверхности, научного приборостроения и новых технологий привело к необходимости комплексного подхода в разработке новых материалов и, как следствие, к объединению в одну науку, получившую название науки о материалах или материаловедения.

Развитие вычислительных методов и компьютерной техники привело к созданию множества программ для расчёта свойств материалов, прогнозирования новых перспективных структур, моделирования технологических процессов, т. е. к упрощению исследования и конструирования новых материалов.

По аналогии с выводами в [1] можно констатировать о существовании в последнее время (конец XX – начало XXI в.) трёх ветвей развития науки о материалах: экспериментальной, теоретической и компьютерной. Однако следует отметить, что при компьютерном моделировании в зависимости от степени знаний изначально закладываются известные ограничения и неточности, поэтому результаты, полученные компьютерным моделированием, требуют тщательной экспериментальной перепроверки. «Чем больше мы уходим в область неизвестного и отклоняемся от известных параметров, режимов и объектов, тем больше неопределённости в получении результатов» [1].

Сравнительно спокойное и благополучное развитие науки о материалах было прервано внезапно возникшими глобальными проблемами человечества, которые остро поставили вопрос о возможности его гибели уже в недалёком будущем. Из всех глобальных проблем наибольшее влияние на дальнейшее развитие науки о материалах оказывает резкое уменьшение запасов невозобновляемых минеральных ресурсов. В ухудшении экологической обстановки значительная роль принадлежит отраслям, производящим и обрабатывающим материалы. Предполагается, что в рамках многовековой парадигмы приоритета научно-технического прогресса развития человеческой цивилизации («дальше, выше, быстрее, прочнее...») произошло так, что «именно отрасли промышленности, производящие материалы как основу развития человеческой цивилизации, наряду с классической энергетикой и транспортом XX в., заложили основу экологических кризисов и конечной гибели всего живого на Земле в случае, если человечество будет и далее следовать этой пагубной парадигме» [2]. В связи с этим в науке о материалах возникла новая ветвь развития (новый раздел) – *энтропийно-экологическая материалогия*, целью которой является разработка и получение материалов с заданными свойствами в условиях устойчивого развития (рис. 1).

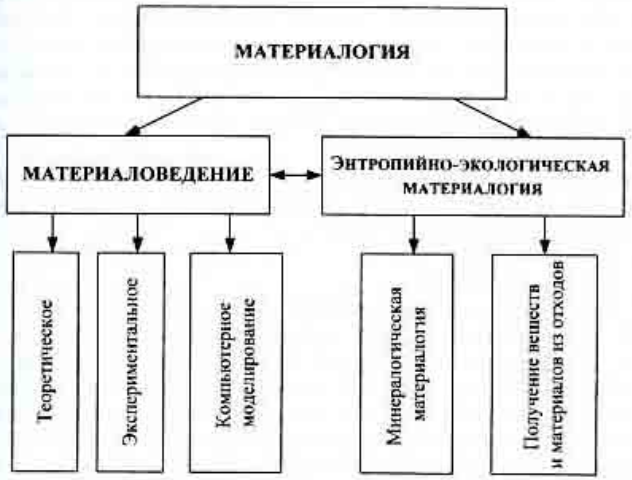


Рис. 1. Структурная схема материалогии

Следует отметить, что Всемирная комиссия ООН по охране окружающей среды и развитию в 1987 г. предложила концепцию устойчивого развития, т. е. такую модель движения человечества вперёд, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений [3]. Несмотря на определённую декларативность, модель с заинтересованностью была воспринята мировым сообществом в связи с отсутствием достойных альтернатив и стала активно обсуждаться с позиций социологии, политологии, экологии и сопредельных дисциплин. При этом на рубеже XX–XXI вв. центральное место среди научных дисциплин стала занимать «Мировая экологистика».

Конференция ООН по окружающей среде и развитию, состоявшаяся в 1992 г. в г. Рио-де-Жанейро, рассмотрела глобальную программу «Повестка дня на XXI век», сгруппировав её содержание в разделах: социальные и экологические аспекты, сохранение и использование ресурсов и т. д. На конференции была оглашена новая, как казалось, общепринятая концепция устойчивого развития. Предположительно, она не отличалась от первой программы 1987 г., однако в ней несравненно больше чем раньше внимания уделялось механизмам снижения экологического риска (экономическим, социальным, политическим, организационным). В то же время не было подчёркнуто значение рисков производственных, связанных с изготовлением материалов. Механизму экологизации производства, а также рационального использования сырья, созданию новых источников сырья было уделено внимание намного позже и преимущественно в иностранных источниках, например [4–11].

Предложенная авторами новая ветвь науки о материалах (четвёртая) базируется на основных положениях устойчивого развития и связана с двумя взаимозависимыми разделами:

– экологическим;

– минерально-сырьевым.

Экологический раздел предполагает использование новых технологий, обеспечивающих минимальный рост энтропии. Это прежде всего применение технологий с использованием концентрированных потоков энергии (плазменных, искровых, дуговых, алюминотермии, методов порошковой металлургии и т. д.). Кроме того, экологический раздел предполагает использование производства материалов с минимальными разрывами между его циклами (по времени, трудоёмкости, расстоянию). Следовательно, получение материалов рационально осуществлять в регионах добычи сырья.

Минерально-сырьевой раздел предполагает осуществление рационального и комплексного использования минерального сырья. Современная наука о материалах должна отличаться от материаловедения появлением нового раздела «Минералы и минеральное сырьё» – начального этапа в изучении и разработке материалов.

В настоящее время наблюдается тенденция «приближения» минерального сырья к готовому материалу, что делает возможной разработку и получение новых материалов, уже начиная с минерального сырья (концентратов, минералов). С развитием высоких технологий появилась возможность использовать минеральное сырьё непосредственно для получения материалов, минуя пиро- и гидрометаллургические переделы. Кроме того, минеральное сырьё, особенно минералы, используют без обработки или с

механической обработкой для получения материалов, например, в строительном деле.

Важнейшим пунктом минерально-сырьевого раздела является получение сырья и материалов из бытовых и производственных отходов. При этом решаются и экологические проблемы, связанные с переработкой, хранением и утилизацией отходов.

Научной основой энтропийно-экологической материалогии является исследование круговорота вещества и материалов во «второй природе».

Таким образом, с появлением новой, четвёртой ветви в развитии науки о материалах, она стала существенно отличаться от классического материаловедения. Более обширная наука о материалах, по предложению авторов, стала именоваться «материалогией».

Появившиеся в последнее время «глобальные проблемы человечества» начинают менять направление науки как сферы человеческой деятельности, а также цели, задачи науки о материалах.

В монографии отражены новые цели и задачи науки, в том числе и науки о материалах, в ранее издаваемых учебниках они не приводились. Анализ целей и задач разделов энтропийно-экологической материалогии показывает особую важность рассмотрения этих вопросов для ресурсодобывающих регионов и стран, т. е. там, где начинается и осуществляется добыча и переработка сырья, в том числе и минерального. Этой проблеме посвящён фундаментальный труд, подготовленный и изданный большой группой ведущих институтов РАН [12], где подробно рассмотрены концепции и стратегии перехода некоторых ресурсодобывающих регионов, в том числе Хабаровского края, к устойчивому развитию. Однако в указанной работе не предложены конкретные пути по превращению ресурсодобывающих регионов в регионы, поставляющие на рынок материалы и новые технологии. Более того, при рассмотрении стратегии устойчивого развития регионов не обозначен минерально-сырьевой блок.

В более поздней работе [13] при рассмотрении стратегического развития Дальневосточного региона отмечены концепции дальнейшего его развития. Концепции первого уровня включают:

– создание комплекса высокотехнологических производств по переработке регионального и транзитного сырья, предназначенного для экспорта и межрегионального возврата продукции переработки;

– формирование промышленных кластеров (аэрокосмического, судостроительного, биотехнологического, нефте- и газохимического и др.

Таким образом, декларируется создание производств по переработке сырья и формирования промышленных кластеров. При этом упоминается, до

какого уровня должна осуществляться переработка сырья, хотя она должна происходить и сейчас до определённого уровня, например, до концентратов.

В стратегии ничего не говорится об обеспечении экологической безопасности, не обсуждаются вопросы устойчивого развития региона, нет предложений по конкретному осуществлению концепции.

Очевидно, комплексы высокотехнологических производств в ресурсодобывающих регионах, таких как Дальневосточный, должны производить материалы и готовую продукцию в соответствии с условиями и требованиями устойчивого развития.

Важнейшим направлением в соответствии с этими требованиями является переработка невозобновляемого минерального сырья. Научной основой получения материалов из минерального сырья и отходов является раздел науки о материалах (материалогии) – *энтропийно-экологическая материалогия* (ЭЭМ), основы которой представлены в монографии. Раздел 4 «Минералогическая материалогия» является научной основой получения материалов из минерального сырья в регионе его добычи с использованием высоких технологий. На основе его выводов были получены новые сварочные материалы, а также электродные, инструментальные материалы. При ДВГУПСе организован участок по изготовлению указанных материалов.

Авторы надеются, что данная монография послужит отправной точкой для изучения устойчивого развития Дальневосточного региона и превращения его из «сырьевого придатка» в поставщика на рынок новых материалов и технологий. Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры «Технология металлов» ДВГУПСа за поддержку и помощь в издании данной работы.

1. ИЗМЕНЕНИЕ ВЕКТОРА НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ

1.1. Некоторые особенности развития науки на современном (XX – XXI вв.) этапе существования человечества

1.1.1. Прогресс

В настоящее время все социально-активные думающие люди, и прежде всего учёные, пытаются разобраться в создавшейся обстановке, дать свои рекомендации по решению глобальных проблем человечества. Для этого они обращаются к науке, здравому смыслу, философии, а также к мифологии, мистике, религии, паранауке. Стали слышны обвинительные голоса в адрес науки и учёных за процесс разрушения среды обитания человечества и создание глобальных проблем планетарного масштаба. По мнению авторов, глобальные проблемы, возникшие перед человечеством, были вызваны научно-техническим прогрессом, и могут и должны быть устранены только усилиями науки, которая в связи с этим должна изменить свой вектор развития. Её целью должно быть не нахождение абстрактной истины, а всеобщее благо человеческого общества и индивида. Поэтому ещё в середине прошлого века появились новые научные дисциплины – науковедение и философия науки. Для возможности решения проблемы изменения вектора развития науки в современных условиях необходимо прежде всего проведение исследований состояния вопросов прогресса, бытия, истины, целей, задач и определения науки, тесно связанных с её формированием и развитием. При этом следует рассмотреть соответствие существующего определения науки, её целей, задач, объекта и субъекта исследования, концептуальных основ современным требованиям по обеспечению прогресса и решению глобальных проблем, стоящих перед человечеством.

Долог и тернист путь человечества к прогрессу, материальному благополучию, справедливому обществу. Большая часть человечества верит в прогресс, движение человеческого общества к идеалу общего блага с помощью и на основе развития науки и техники. Прогресс связывается с возможностями и благами, которые они дают обществу.

Ещё в древности великие мыслители пытались создать «маяки» на пути развития человеческого общества. Целью человеческой деятельности для всей древнегреческой философии было достижение блаженства [14, 15]. Так, известны теоретические и практические попытки Платона

создания идеального государства, описанного в его работе «Государство». Эта тема нашла отражение в трудах других великих греческих учёных, а также в дальнейшем в работах утопистов, марксистов и т. д. В древней Греции в VIII–VII вв. до н. э. возникло другое представление о развитии цивилизации и её влиянии на жизнь человека. Так, Гесиодом (рис. 2) отмечалось, что развитие цивилизации увело человека от золотого века к железному и ухудшению («порче») мира [14, 15].



Рис. 2. Пути развития цивилизации

Железный век по Гесиоду – век забот, раздоров, зависти, насилия... [14]. Гесиод не был одинок в критике прогресса: китайский философ Лао Цзы (VI–V вв. до н. э.) призывал людей отказаться от излишеств и «вернуться к первообщинной жизни» [16]. Он отмечал [17]: «когда будут устранены мудрствование и учёность, народ будет счастливее во сто крат…», «когда будет уничтожена учёность, тогда не будет печали…». Историки (III в. до н. э. – III в. н. э.) утверждали о двоякой направленности развития человеческой истории: по линии знаний, технических умений и по линии нравов и добродетели. Особо остро тему влияния прогресса науки и техники осмысливает и описывает знаменитый историк, великий римский философ Л.А. Сенека [18]: «…страсть к роскоши отошла от природы, она ежедневно сама разжигает и растёт уже много веков изобретательностью, спо-

собствуя порокам. Вначале она пожелала лишнего, потом противоестественного и напоследок превратила душу в рабыню тела и заставила её служить его похоти» (письмо 90). «С тех пор, как среди нас стали появляться учёные, добродетельные люди исчезли» – писал Сенека и призывал людей вернуться на лоно природы (письмо 95). Высказывания и мысли Сенеки повторяли и развивали М. Монтень, Ж.-Ж. Руссо, а позже Л.Н. Толстой. Руссо даже выдвинул тезис, что прогресс наук и искусств принёс людям неизмеримый вред. Руссо угадал противоречивый характер развития цивилизации: одним несёт блага, другим страдания [19]. Он призывал человечество двигаться по пути к золотому веку.

Такие попытки повернуть развитие человечества вспять, хотя и оказали влияние на его духовное развитие, но не имели практического успеха. Более того, начиная с XVIII в., идея неограниченного прогресса стала доминирующей в сознании человеческого общества. Сторонником безграничного прогресса был Э. Кант (рис. 2), который иронизировал над идеей остановки «конца сущего». В большинстве случаев идея безграничного прогресса связывалась с завоеванием природы, её покорением, как утверждали ещё Р. и Ф. Бэконы [19]. Победные звуки о завоевании природы были слышны уже в XIX в.: «Рабочий класс завоевал Природу; теперь он должен завоевать Человека» [20]. Вера в научно-технический прогресс на основе достижений науки проявляется в работах известных современных учёных. Так, Ж.И. Алфёров [21] считает, что использование достижений нанонауки и нанотехнологий приведёт человечество к золотому веку.

В начале XX в. отчётливо проявились углубляющиеся противоречия между производственной деятельностью человека, инициируемой научно-техническим прогрессом, и стабильностью природной среды обитания. Академик И.Т. Фролов, подчёркивая комплексную проблему человека, отмечал, что современной действительностью стало «рассогласование прогресса науки и техники с благом человека, даже с возможностями его выживания» [22]. Следовательно, по Фролову, благо человека – прежде всего!

Если в XIX в. в прогрессе видели путь к лучшему для человечества, то в настоящее время наступило разочарование, так как прогресс обернулся экологическими бедами и опасностью физической гибели человечества и всего живого на Земле. Нарушение экологического равновесия, чудовищное загрязнение окружающей среды, накопление оружия массового поражения и т. д. вновь обострили критику прогресса, науки. Социальные эксперименты привели к образованию тоталитарных и демократических государств с тоталитарной политикой. Однако современные критики науч-

но-технического прогресса желают идти не «вспять, не назад, а вперед», т. е. решая назревшие глобальные проблемы с помощью науки. Среди чрезвычайно важных проблем прогресса можно отметить следующие:

– исследование закономерностей поведения сверхсложных экологических систем;

– непрерывный рост населения планеты, этнопроблемы;

– исследование взаимосвязи в системе «человек – человеческое общество – естественная природа – искусственная природа»;

– создание программ оздоровления и регенерации природной и искусственной среды обитания;

– освоение новых источников энергии;

– разработку ресурсосберегающих технологий и общее повышение эффективности использования сырья;

– повышение уровня нравственности, культуры, духовности, знаний.

Следует отметить, что высшим критерием прогрессивности всех общественных явлений служит человеческая личность, и решение указанных проблем может осуществлять человеческое общество, обладающее высоким уровнем нравственности, культуры, духовности, знаний. Поэтому проблема человека является одной из основных в решении вопросов устойчивого развития общества. В [23] показано, что население Земли должно быть не более 10 млрд., что соответствует максимально допустимым нагрузкам на природную среду. В [24–26] делается вывод, что от стремительного роста население переходит к стабилизации (к 2175 г. – 13 млрд.), а развитие культуры и науки становится приоритетным, и будущее человечества связано, в первую очередь, с развитием интеллекта, нравственности, информации. Однако кривая роста населения планеты (рис. 3, *а*) не прибавляет оптимизма.

а *б*

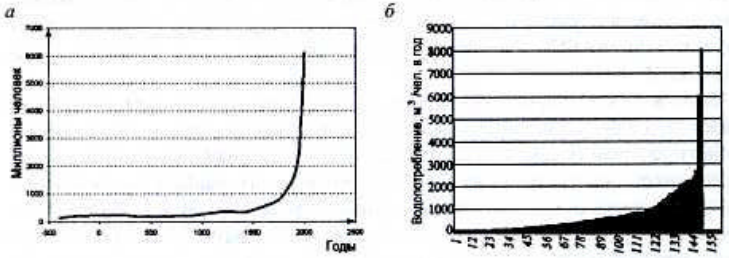


Рис. 3. Кривая роста населения планеты (*а*) [27]; водопотребление в зависимости от валового национального продукта (*б*) [28]

Говоря о прогрессе, необходимо отметить, что ещё в начале XX в. слово «прогресс» употреблялось не само по себе, а чаще в конкретных оборотах: прогресс народного хозяйства, научно-технический и т. д. [19]. В настоящее время прогресс отражает тенденцию к обособленному, обобщённому понятию и означает общечеловеческий (общий прогресс [29]). Он состоит из социального, научно-технического, экологического, экономического, этнического, культурного, духовного (рис. 4). Таким образом:

$$П = f(k)|C \cdot H_T \cdot Э \cdot Э_K \cdot Э_T \cdot K \cdot Д|,$$

где $П$ – общечеловеческий прогресс; k – коэффициент, равный минус единице $k = (-1)$ при отрицательном значении хотя бы одного составляющего (или большего их числа); C – социальный прогресс; H_T – научно-технический прогресс; $Э$ – экологический прогресс; $Э_K$ – экономический прогресс; $Э_T$ – этнический; K – культурный прогресс; $Д$ – духовный прогресс.



Рис. 4. Составляющие общечеловеческого прогресса

Все составляющие общечеловеческого прогресса взаимосвязаны (рис. 4). При отрицательном значении одного из них общечеловеческий прогресс становится отрицательным, т. е. получаем регресс цивилизации. Особую тревогу вызывает экологическая составляющая, она приводит в настоящее время к общему суммарному регрессу человеческого общества, грозящему ему гибелью.

Каждая составляющая общечеловеческого прогресса должна иметь общепризнанные критерии оценки, которые, по мнению авторов, должны вырабатываться межгосударственными органами. Так, в настоящее время признанным информативным показателем социального развития любой страны выступает индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), в соответствии с которым Россия занимает 67-е место в мире (2005 г.) [30].

Развитие научно-технического прогресса характеризуется кривой (рис. 5), предложенной в [30, 31], которая вызывает недоумение, так как в своём завершении она устремляется в бесконечность.

Предполагается, что ход процесса подошёл к точке сингулярности, либо, если не ожидать катастрофы, следует ожидать вмешательства каких-то сил. При этом утверждается, что совпадение научно-технического прогресса и общего развития имеет ограниченные пределы. Кроме того, общее развитие системы (общий прогресс) не в состоянии поспевать за научно-техническим прогрессом, что будет означать повышение «цены прогресса», отрицательные моменты развития общества будут возрастать. Таким образом, неконтролируемые научно-технические и экономические процессы влекут за собой нарастание различных деформаций, кризисных моментов, деградаций в различных областях жизни, что неизбежно замедляет общее движение прогресса и меняет его направление [29].

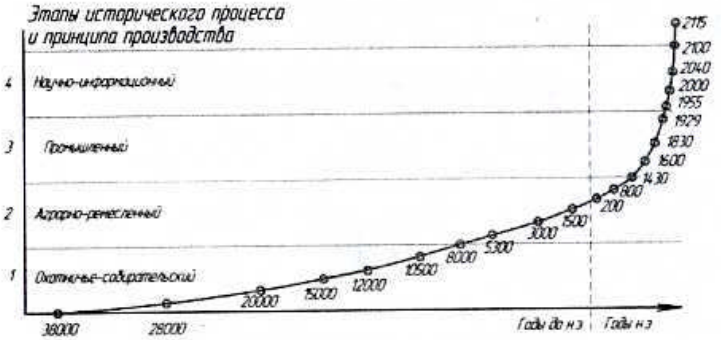


Рис. 5. Кривая развития научно-технического прогресса

Цена быстрого увеличения разрыва между составляющими прогресса в такой сложной и гигантской системе, как современное человечество, может быть очень высока. Следует обратить внимание, что экспоненциальный рост населения планеты аналогичен изменению научно-технического прогресса и, естественно, росту потребления воды (рис. 3, 5) [28–30].

В новых условиях существования человеческого общества задача и цель науки – обеспечить развитие не только научно-технического прогресса, но и всех других составляющих общечеловеческого прогресса.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение проблемы соответствия общепринятых определений науки, её целей, задач, предмета и объекта исследований, концептуальных основ современным реалиям и особенно развитию взаимосвязи человек–человеческое общество–природа. Для изучения этой проблемы необходимо предварительно рассмотреть современное состояние основополагающих вопросов бытия и истины, органически связанных с развитием науки.

1.1.2. Бытие и «вторая природа»

Бытие – это всё многообразие вещественных и духовных явлений, природы, культуры. Их объединяет то, что они есть, несмотря на различие форм существования. Представляет научный и практический интерес влияние прогресса на изменение бытия.

Проблема бытия возникла с зарождением философии. Пока существует человечество, глубина проблемы бесконечна. Постижение категории бытия осуществлялось в разное время с разной степенью общности и полноты, с разных сторон. Центром исследований являлась проблема вещи и реальности, которую подняли древнегреческие мыслители. Известно, что в средние века вновь завязывается спор о реалиях, который не закончен и в настоящее время. Однако философские споры, исследование бытия практически не рассматривались в связи с научно-техническим, экономическим прогрессом, и тем более с влиянием на бытие духовных и культурных элементов прогресса, а также глобальных проблем человечества. Для этого необходима прежде всего разработка классификации элементов бытия. В XX в. произошёл качественный прорыв в области изучения проблемы бытия, появилась критическая онтология Н. Гартмана и фундаментальная онтология М. Хайдеггера [32].

Созданная Гартманом онтологическая доктрина рассматривает мир как четырёхслойный: неорганический, жизненный (органический), душевный и духовный (рис. 6). Без материальной природы нет никакой жизни, без жизни нет сознания, никакого духовного мира [32]. Эта система «слоистого бытия» не допускает идею эволюции и по своей сути метафизична.



Рис. 6. Слои бытия (по Н. Гартману)

Хайдеггер выделяет шесть основных способов бытия: экзистенцию, соприсутствие, подручность, наличие, жизнь, постоянство. Все эти способы отличаются друг от друга, чем само единство понятия «бытие» ставится под сомнение [32]. Кроме того, способы бытия не позволяют также проследить его эволюцию.

Обсуждаемые проблемы бытия [19, 32] проходят мимо современного развития цивилизации и возникающих глобальных проблем, когда её бытие может кануть в небытие. Для анализа современного состояния бытия и путей его дальнейшего развития необходим другой подход, основанный на диалектическом методе, учитывающем изменения как состояния природы, так и общества, его деятельности, развития научно-технического прогресса. Для этого прежде всего необходима разработка структуры бытия, отражающей взаимосвязь его элементов, целей и задач. Исходными посылками для этого служили следующие положения:

– существует внешний мир, отделимый от наших восприятий;

– не существует земного бытия без человека;

– человек не только исследует окружающий мир и самого себя, но и создаёт искусственное бытие, «вторую природу»;

– для создания «второй природы» (искусственной природы) человек использует идеи, знания, энергию, духовность, свою деятельность;

– целью и задачей бытия является всеобщее благо человека в гармонии с естественной и искусственной природой на основе высокой культуры и духовности.

На основании этого предлагается следующая структура элементов бытия (рис. 7): человек, человеческое общество, естественная природа, искусственная («вторая») природа, информация, знания, культура, духовность, энергия, деятельность человека и человеческого общества, благо.



Рис. 7. Структурные элементы бытия

Следует отметить, ещё в античные времена было показано, что человек своими руками и разумом создаёт «вторую природу». Значительный интерес к этой проблеме отмечался в Средние века и в эпоху Возрождения. По Бэкону, природа вовсе не природные стихии, а искусственная, «проявленная с помощью человеческой деятельности, искусства и техники» [33]. Схемы новой науки инженерии, намеченные Бэконом по созданию «искусственной природы», в совокупности составляли «своеобразный социальный проект» [33]. Для Леонардо да Винчи прямой акт творения – «вторая природа», под которым понимаются опыты, представляющие собой наблюдения за природными процессами, которые выбирает и локализует инженер, создавая искусственное сооружение, «вторую природу» [34].

Как видно (рис. 7), элементы бытия взаимосвязаны, однако базовыми элементами являются человек и естественная природа, определяющие движение всей схемы бытия. Можно предположить, что одной из основных движущих сил, обеспечивающих движение указанной схемы бытия, является изменение её энтропии и прежде всего энтропии естественной природы $S(e)$ и энтропии «искусственной природы» $S(u)$, которые приводят к глобальным изменениям бытия:

$S_e > S_u$ – дисгармония природы;

$S_u > S_e$ – дисгармония «искусственной природы»;

$S_e \cdot S_u <$ constant;

$$[S_e + S_u] = f(\Pi) \le S(\Pi),$$

где Π – общечеловеческий прогресс. При этом энтропия как природы, так и «искусственной природы» не должны превышать определённого (разрушающего) значения, предельного значения – $S(\Pi)$. В данной работе предполагается, что главное влияние на изменение энтропии оказывают культура, духовность, знания человека и человеческого общества.

«Вторая природа» так же, как и естественная природа, имеет свой кругооборот вещества материалов и вещей (рис. 7). Изучение кругооборота вещества материалов, изделий является базой для практической реализации концепции устойчивого развития человеческого общества, гармонии существования человека и природы. Во многих странах это уже поняли [4–6], и проблема круговорота вещества материалов, изделий стала одним из основных разделов науки о материалах.

1.1.3. Истина

Большинство исследователей считают, что непосредственной целью науки является достижение истины [32, 35]: наука – это трудный поиск истины [36], однако до сих пор нет определённого ответа по её поиску.

Если миллионы учёных проводят исследования в многочисленных направлениях, то они стремятся к одной истине или ищут «миллион» различных истин? Если они стремятся к одной истине, что это за истина? Если каждый ищет свою, то их может быть бесконечное множество, в том числе очень важных, менее важных и т. д. «Ведь о каждом предмете можно высказать столько истин, сколько в нём сторон, связей, отношений и т. д.» [32]. Но ведь и путь к истине должен быть истинным.

С начала возникновения науки её главной целью было отмежеваться от мифологических, религиозных знаний заблуждений и получить достоверные данные, истинные знания. Существует классическое определение истины, сформулированное ещё в античности Аристотелем: истинное знание то, которое соответствует действительности. Аристотель понимал истину как соответствие знания вещам (корреспондентская теория истины). Платон и Августин представляли истину как вечно неизменное и абсолютное свойство идеальных объектов, а Кант – как согласие мышления с его априорными формами [37]. К достоинствам корреспондентской концепции относится то, что понимание истины как соответствия знания реальности, т. е. адекватное отображение в сознании воспринимающего того, что существует объективно, лучше всего отвечает нашим внутренним представлениям об истине [36]. В Новое время приверженцем несколько другого подхода был Лейбниц, который придерживался когерентной теории истины: истинными являются теоретические утверждения, которые хорошо согласуются друг с другом и могут пройти проверку на ряд важных свойств – непротиворечивость, связанность обоснованность и т. д. Имеется и третий подход, отрицающий два первых, он связан с неприятием и критикой самого понятия истины. Например, философ Фраассен [36] утверждал, что задача науки не достижение некоторой «истины», а создание эмпирически адекватных теоретических конструкций: согласие с опытом – это наибольшее, чего можно достичь.

Современная философия науки для подтверждения истинности знания рассматривает другие «оценочные понятия»: простоту, непротиворечивость, согласованность с опытом, широту охвата, предсказательную точность, объяснительную силу, методологическую обоснованность и т. д. [36]. Марксистская философия считает, что критерий истины есть практика. Поппер [36] делает вывод, что точно фиксируемого и универсального критерия истины вообще не существует, поэтому нет смысла заниматься его поисками. Не получило поддержки и представление об истине как о «пределе», к которому приближается научное познание в идеальном бесконечном опыте. Концепции, отрицающие возможность решающего критерия истины, утверждают, что не существует каких-либо всеобщих, действительно работающих критериев истины [25], «…универсальных, независимых от содержательного контекста, решающих критериев истины, по всей видимости, не существует» [36]. Абсолютная истина представляется как бесконечная сумма относительных истин, которые обобщает человечество на протяжении всей истории своего развития, и этот процесс не может завершиться никогда.

Истинный путь и сама истина должны определяться методологией. Методология предназначена указывать истинный путь к достижению каждой конкретной истины, раскрывать сущность, последовательность и методы определения истинности получаемых научных результатов.

В связи с этим истина – регулятивный принцип методологии, отделяющий достоверное (научное) знание от заблуждения, а также от обыденного, мифологического, метафизического и религиозного знания. Наука прошла долгий путь к получению достоверного знания, отличающийся от других путей прежде всего наличием методологии, включающей предельно общие (философские), общенаучные, частнонаучные и другие методы, подходы, приёмы, которые позволяют установить объективную, относительную и конкретную истины (рис. 8).



Рис. 8. Логико-методологическая концепция науки

Таким образом, в последнее время появились новые представления о прогрессе человеческого общества, структуре и сущности бытия, а также методологической функции истины. Все эти положения предопределяют необходимость выявления новых целей, задач, предмета исследования, концептуальных основ науки и изменения вектора её развития.

Но ведь и путь к истине тоже должен быть истинным. В литературе обсуждаются следующие подразделения истины: абсолютная, относительная, объективная, конкретная и абстрактная. Абсолютная истина представляется как бесконечная сумма относительных истин, которые обобщает человечество на протяжении всей истории своего развития. Этот процесс никогда не может завершиться.

В современной логико-методологической литературе, прежде всего, западной, процедура проверки научных положений выражается критериями «верификация» и «фальсификация». *Верификация* заключается в соотнесении данного утверждения с реальным положением дел с помощью наблюдения, измерения или эксперимента. Понятие *фальсификация* обозначает процедуру, устанавливающую ложность гипотезы теории или другого научного утверждения в результате их эмпирической проверки. Следует отметить, что марксистская философия считает, что критерием истинности научных выводов является практика. Это своего рода критерий истинности знания, хотя проблема критериев истины в философии науки остается незавершенной. Известно множество попыток сформулировать решающие истины. Некоторые философы предлагают считать, что критерием истины является не действительное согласие научного сообщества, а идеализированная истина, это некий идеал знаний, на который можно реально ориентироваться в процессе научной аргументации.

Таким образом, концепции, отрицающие возможность решающего критерия истины, утверждают, что не существует каких-либо всеобщих, действительно работающих критериев истины, есть лишь конкретные критерии и ситуации их применения, относящиеся к тем или иным конкретным научным вопросам [36]. Оценка истинности той или иной теории делается комплексно, совокупным применением различных критериев, на основе анализа конкретных обстоятельств того или иного вопроса.

Истинный путь и сама истина определяются методологией, которая должна указать истинный путь к каждой конкретной истине и которая должна иметь методы определения истинности получаемых научных результатов.

Истинно-логико-методологический и регулятивный принципы получения научного знания не могут быть целью науки, а скорее задачами науки. Целью науки могут выступать только интересы человека и человеческого общества – это всеобщее благо.

1.2. Новое определение науки, её целей и задач в связи с необходимостью решения назревших глобальных проблем

Благо народа – высший закон
Цицерон (Марк Туллий)

1.2.1. Объективная необходимость нового определения науки

Общеизвестно, что наука в настоящее время определяет взаимосвязанные стратегические отношения человека, человеческого общества и природы. Эти отношения непрерывно усложняются и обостряются и ставят даже вопрос о выживании или гибели человечества [38–40]. В связи с этим В.И. Вернадский писал: «Мы переживаем не кризис, волнующий слабые души, а величайший перелом научной мысли человечества, совершающийся лишь раз в тысячелетие» [41]. Сегодня особенно важна роль науки в выявлении, изучении и решении назревших глобальных проблем планетарного масштаба, связанных с созданием новых поколений машин и установок, технологий и материалов, зданий и сооружений, рукотворных рек и озёр, проникновением в глубь и ширь материи. С другой стороны, современные технологии до предела обострили проблемы охраны окружающей среды, природно-экологической комфортности жизни, защиты климата, глобализации всемирной информационной сети [42]. Но главное, наука должна способствовать формированию высокоинтеллектуального, высоконравственного человека, человеческого общества, живущего на Земле в гармонии с природой. Ещё Аристотель утверждал: «Кто двигается вперёд в науках, но отстаёт в нравственности, тот более идёт назад, чем вперёд» [43].

Всё это должно учитываться при формировании меняющихся целей и задач в развитии цивилизации и прежде всего определении науки в условиях глобального кризиса, чтобы достойно ответить на его вызов.

Развитие науки вообще характеризуется непрерывным усложнением, одновременно расширением и углублением её целей, задач, предмета исследований, повышением практической и интеллектуальной значимости для человеческого общества. Научная деятельность стала приобретать социально-детерминированный характер, а учёный восприниматься как разновидность государственного служащего [32]. Это привело к созданию отдельных научных дисциплин, изучающих науку как «реальный феномен» [44] философии науки и науковедения, которые сформировались во второй половине XX в. [38, 44]. Эти учения «науки о науках», отмечая

грандиозное влияние науки на развитие современного человеческого общества, человека на природу, назревание «новой волны научной революции» [32], в основном теоретически осмысливают историю развития наук от древности до наших дней, методологические основы получения нового знания, динамику развития науки. Однако исследование и решение основных глобальных проблем, отмеченных, например, в [45]:

– закономерностей поведения сверхсложных экологических систем;

– программ оздоровления и регенерации природной среды;

– разработки и освоения новых источников энергии;

– разработки ресурсосберегающих технологий и повышения эффективности использования сырья;

– повышения качества жизни, – требуют анализа и в ряде случаев пересмотра основных концепций науки, её целей и задач, которые должны быть направлены на благо человека и человеческого общества. Эти проблемы практически не рассматриваются в «науке о науках», хотя должны быть центральными в современной резко изменяющейся обстановке. Для их решения необходим комплексно-дисциплинарный подход и дедуктивно-аксиоматический метод, главным моментом которого должны быть интересы человечества в достижении всеобщего блага.

Один из основателей науковедения Джон Десмонд Бернал писал [45]: «Наука так стара, на протяжении своей истории претерпевала столько изменений..., что любая попытка дать определение науки, а таких имеется немало, может выразить более или менее точно лишь один из аспектов, и часто второстепенный, существующий в какой-то период её развития». Берналом была предпринята попытка дать развернутое определение науки как сложного социального явления. Однако такого определения науки ему не удалось сформулировать в связи с многогранностью её целей и задач. Среди граней научной деятельности Бернал назвал институт науки, метод науки, фактор развития производства и т. д. Кроме этого, имеются сведения о невозможности дать всеохватывающее определение науки [45, 46]. На взгляд авторов, заключение Бернала не является справедливым, так как на различных этапах развития науки менялись её цели, задачи, предмет исследования, концептуальные основы, а следовательно, и определения. Возможно, когда-нибудь перед человечеством возникнет глобальная проблема переселения на другие планеты – будут новые цели, задачи, предмет исследования науки и её новое определение. А пока существует проблема выживания и развития человечества на планете Земля.

В настоящее время, естественно, существуют десятки определений науки [44], отражающие в той или иной мере современные взгляды научного сообщества на цели, задачи, предмет исследования и её концептуальные основы. Для решения поставленных задач в данной работе предложена следующая аксиома: определение науки должно включать, по крайней мере, современные цели, задачи, предмет и объект исследования, концептуальные и методологические основы с учётом глобальных интересов человека и человеческого общества.

1.2.2. Общепринятые определения науки

В ряде известных энциклопедических изданий, словарей, справочников [37, 47, 48] предлагаются сходные определения науки: «Наука – сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация знаний о действительности: включает как деятельность по получению нового знания, так и её результат – сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира». В определении, на взгляд авторов, отсутствует предмет исследования, концептуальные основы, а также глобальные интересы человечества.

В этом направлении можно отметить ряд определений:

– наука – это сфера человеческой деятельности, в которой происходит выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности, в которую науки по мере своего развития проникают широко и глубоко [49];

– наука – это система знаний о закономерностях развития природы, общества, мышления [48];

– наука является одним из компонентов культуры, выступает способом получения объективных знаний о мире и человеке, осуществляя одну из важнейших функций культуры – познавательную, мировоззренческую, общекультурную, гуманистическую [50];

– наука – сфера исследовательской деятельности, направленной на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении [51];

– наука – исторически сложившаяся форма человеческой деятельности, направленная на познание и преобразование объективной действительности [19];

– наука – это деятельность по производству объективно-истинного знания и результат этой деятельности – систематизированное, достоверное, практически проверенное знание [37];

– суть науки как отрасли культуры: выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; её результат – сумма знаний, лежащих в основе научной картины мира [14];

– наука – это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов на основании обобщения реальных фактов и их взаимосвязи для того, чтобы предвидеть тенденцию развития действительности и способствовать её изменению [23, 32].

Кроме этого, в литературе имеются сходные, подобные определения науки, например [9, 52–55]. Основной мыслью приведённых определений является то, что наука – сфера человеческой деятельности (в том числе созерцательной), направленной на получение и систематизацию знаний. Дать однозначное научное толкование понятия «знания», понятия самой науки – «задача многотрудная, если не сказать, вечная» [56].

В этой связи возникает вопрос: «А какой прок от этой деятельности, что она даёт реально человеку и человеческому обществу?». И только в немногих определениях науки отмечается необходимость ее для преобразования объективной действительности [19, 32]. Но ведь производство оружия массового поражения, загрязнение рек и морей, истощение природных ископаемых – это тоже преобразование объективной действительности. Очевидно, необходимы преобразования, соответствующие глобальным интересам человека и человеческого общества, а не частным или корпоративным. Этому вопросу уделял значительное внимание Готфрид Вильгейм Лейбниц: «...Можно смело сказать, что прочные знания суть величайшее сокровище человеческого рода. Мы обязаны употребить с толком и приумножить не только для того, чтобы передать его потомкам в лучшем виде, нежели оно нам досталось, но и, конечно же, для того, чтобы извлечь из него, насколько это возможно, выгоду для самих себя во имя усовершенствования духа, ради здоровья тела и удобства жизни» [57]. В [58] такое направление заключений Лейбница считается основополагающим для всей философии. Совершенно справедливо Лейбниц утверждает, что человеку необходимы не сами по себе знания, а знания, направленные на благо человеческого общества. Можно смело сказать, что современный взгляд на задачу, цель науки и должен быть отражён в новом определении науки. Но великий Лейбниц не знал и не мог знать современных кричащих проблем экологии!

Очевидно, что человек должен и вынужден преобразовывать естественную природу в искусственную («вторую природу» [48, 59], «искусственную среду», «очеловеченную природу» [35]), которая постепенно и неотвратимо наступает на естественную и поглощает её. Ещё Цицерон отмечал: «Наши руки как бы создают в природе «вторую природу» [43].

Техногенная цивилизация, существующая последние 300 лет, особенно в последние годы XX в., оказалась чрезвычайно подвижной и весьма агрессивной. Она начала не только ускоренно «опустошать», загрязнять естественную природу, но и подавлять, поглощать традиционные общества и культуры. Сегодня этот процесс именуется глобализацией и идёт по всему миру. В современную эпоху по сравнению с прошлыми историческими эпохами неизмеримо возросло общепланетарное единство человечества, которое представляет собой принципиально новую суперсистему, связанную общей судьбой и ответственностью, целями и задачами в решении глобальных проблем.

В связи с этим можно утверждать о становлении единой Земной цивилизации и необходимости нового планетарного мышления на научной основе, формировании «нового человека» и его деятельности во благо человечества, что должно быть отражено в целях, задачах и современном определении науки. Разумный человек в своём развитии должен подниматься до высот мышления и деяний общепланетарного масштаба, решения глобальных проблем. Суть такого процесса – проектирование нового мира, светлого будущего всего человечества, проектирование новых форм биологической и социальной жизни [60].

Следует отметить, что уже были попытки построения светлого будущего, направленные на удовлетворение всё возрастающих материальных и духовных потребностей в одной и в нескольких отдельно взятых странах. Они ещё раз показывают необходимость комплексного, гармонического подхода в глобальном масштабе к решению проблемы человек – человеческое общество – природа. Глобализация наряду с положительными сторонами имеет и значительные отрицательные стороны, которые получили название *глобальных проблем современности*: экологических, демографических, этнических, политических и так далее. При этом на передний план выходит экологическая проблема, связанная с возможностью и перспективами выживания человечества [35]. Сущность этой проблемы в углубляющихся и обостряющихся противоречиях между производственной деятельностью человечества и стабильностью его обитания в природной среде.

Глобальные проблемы обладают следующими общими чертами:

– планетарным, общемировым характером и в силу этого затрагивают жизненные интересы всех народов и государств;

– угрозой или гибелью цивилизации, этносов или значительным регрессом в условиях жизни, прогрессивном развитии общества;

– решением проблем коллективными усилиями как развитых государств, так и всего мирового сообщества.

Очевидно, что именно люди, вооружённые научными знаниями и мощной техникой, отстаивающие частнособственнические интересы, сыграли главную роль в формировании нынешней угрожающей экологической обстановки. Важнейшая роль науки на данном этапе её развития – направить деятельность человечества на гармоничные отношения между естественной и искусственной природой во благо человека, что также должно быть отражено в определении науки.

Для окончательной формулировки определения науки необходимо предварительно изучить и проанализировать цель, задачи, предмет научной деятельности, субъект науки, её концептуально-методологические основы.

1.2.3. Цель науки

В [36] отмечается, что научную деятельность трудно свести к какой-то единственной цели. В связи с этим условно подразделяют цели науки на внешние (прикладные) и внутренние (теоретические). Делается вывод, что науки свободно варьируют свои цели, но их стратегическим направлением является достижение истинных и глубоких знаний о мире. При этом отмечается, что под влиянием трудностей формирования общей цели для науки ряд авторов (например, Ларри Лаудан и другие) выдвигают тезис, что не существует единственной цели, которая охватывала бы все науки, а есть подвижный комплекс целей, изменяющихся в ходе научной деятельности.

В [44] утверждается, что с древнейших времён основная цель науки связана с производством и систематизацией объективных знаний, что является основной функцией науки. Такое определение целей также следует из приведённых выше определений науки.

В [56, 59] показано, что основные цели науки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности. В то же время в [32] утверждается, что непосредственная цель и высшая ценность научного познания – объективная истина. Постоянная ориентация на истину, признание её самоценности, непрерывные поиски в трудных и сложных условиях – существенная характеристика научного познания, отличающая его от других форм познавательной деятельности.

Таким образом, большинство исследователей считают, что общепризнанная цель науки – это выработка научных знаний и их систематизация, а также постижение истины. Всё было бы понятно, если бы, как опять

точно определил Лейбниц то, что «цель науки – благоденствие человеку, то есть приумножение всего, что полезно людям, но не ради того, чтобы потом предаться безделью. Для поддержания добродетели и расширения знаний всякий талант обязан внести свою лепту» [26]. И всё-таки Лейбниц видел дальше других (и даже современных исследователей), что цель науки – способствовать и принимать участие в достижении блага для человеческого общества.

Сегодня ядерный проект, ракетно-космический, компьютерный, биотехнологический, материаловедческий, социальный и другие – формируют новый вектор развития науки. Предполагается, что в основе их всеобщее благо, суть которого обсуждается со времён античной философии и которое нашло отражение в древней философии.

К сожалению, в современной философии не уделяется внимания благу и развитию его понимания. Целью человеческой деятельности для всей древнегреческой философии было достижение блаженства [61], «человек есть существо, устремлённое к благу» [32] и он способен с помощью разума понять, что такое благо. Следует отметить, что величайшие мыслители древности вопрос о благе, взаимоотношении человека и общества считали одним из основных в их философии.

Сократ, по существу, превратил добродетель в знание того, что такое благо. При этом он уповал на знание блага как необходимое и достаточное условие добродетели [14]. Сократики утверждали, что человек стремится к удовольствию и испытывает отвращение к страданиям. Отсюда и критерии поведения, но сократики не считали удовольствие как таковое целью жизни. Мудрость состоит в том, чтобы пользоваться жизненными благами, господствуя над ними, а не рабствуя им. Радость даётся мудростью, а печаль неразумием.

Демокрит подчёркивал идеал государственного устройства, в котором судьба общества связана с судьбой индивида. При этом он полагал, что благое состояние духа достигается соблюдением возлагаемых на себя задач по общественной, личной жизни и своим способностям.

По Платону, всеобщие нравственные характеристики бытия – истина, благо, красота. Представляет интерес рассмотреть его принципы благого поведения, учения о благе. На протяжении философского развития это учение претерпело определённую эволюцию. Вначале он утверждал, что благо – единство добродетели и счастья, прекрасного и полезного, нравственно доброго и приятного. Затем выдвигал требования абсолютной нравственности, противостоящей полезности и удовольствию. Далее идеал абсолютного блага уже окончательно противопоставлялся чувственным вле-

чениям человека, его стремлению к удовольствию и счастью. В связи с этим ощущается призыв Платона к «возвышению» над миром посредством очищения души от земной «скверны». Важнейшее место в этом возвышении занимает философия, которая сама есть очищение: она освобождает нас от страстей и желаний, зла и пороков. Однако в своём произведении «Законы» Платон снова возвращался к первоначальному учению добродетельной жизни как наиболее приятной и счастливой при совмещении стремления к высшему благу с обычной добродетельностью. Заключение Платона о необходимом возвышении человека к благу через философию, то есть науку в современном понимании – глобальная, стратегическая задача, которую никак не поймут не только обычные люди, но и сильные мира сего. Предложением Платона была новая модель государства как решения проблемы человек – человеческое общество.

Аристотеля разумная деятельность человека привлекает прежде всего достижением блаженства – нравственная деятельность есть деятельность, основанная на разуме. Разумная деятельность как самая совершенная привлекает его внимание в первую очередь. Смысл жизни не в удовольствиях, не в счастье, а в осуществлении требований разума. Однако Аристотель понимал, что разумная деятельность имеет двоякий характер – теоретический и практический. Конечно, высшее благо – созерцательная жизнь, так как умозрение (theoria) есть то, что приятнее всего и всего лучше. Но и она нуждается в определенных условиях – для того, чтобы отдаваться созерцанию, необходимо, прежде всего, жить. Жизнь у Аристотеля обусловлена не только физической, но и общественной жизнью, как писал Аристотель в «Политике», всякое государство есть общение, а общение всегда происходит ради блага, из главных благ наилучшее – благо государственное. Аристотель утверждал, что общая собственность невозможна, критикуя за это Платона, который в своей утопии уничтожает частную собственность у высших классов. Он считал, что лишение частной собственности вызывает споры и недовольство, снижает заинтересованность в труде, лишает человека естественного наслаждения владением и т. д. Аристотель говорил о необходимости щедрости для поддержки неимущих. Он исследовал добродетель, где особое место занимает справедливость. Понятие «справедливое» означает одновременно как законное, а несправедливое – противозаконное и неравное отношение к людям. Поскольку закон предписывает добродетельное отношение, постольку справедливость есть высшая добродетель, в которой заключаются все иные. Однако после появления физики Аристотеля, где глобальным направлением стало (и продолжает вот уже 2300 лет оставаться) движение

материи и её составляющих, наука о благе как главной её цели где-то «затерялась» («движение – всё, конечная цель – ничто!..»). В связи с сегодняшними проблемами следует вернуться к первоисточнику: «движение – всё, цель – прежде всего».

Эпикур – основоположник эпикурейского учения, которое провозглашало наслаждение, т. е. свободу от страданий и покой души высшим благом жизни. На основе своего учения Эпикур пишет трактат о государстве (обществе). Общество он представляет как сумму индивидов, каждый из которых стремится к удовольствиям, действуя так, чтобы не мешать другим индивидам. Эпикур прославлял дружбу, которая ценится ради приносимой ей безопасности и безмятежности души. Из принципа удовольствия он вывел понятие справедливости, определяемое на основе общественного соглашения не вредить друг другу: «Справедливость для всех одна, потому что она есть нечто полезное всем».

В восточной философии Т.П. Григорьева отмечает цель пути Дао [62]: «...понять законы Бытия, исходя из него самого, а не из априорных и не всегда адекватных представлений о бытии. Дао ведёт к совершенному добру, приближению человека к изначально чистой природе, избавляя от суетных мыслей и чувств. Он ведёт к созданию гармонии внешней формы с внутренней, считая, что тогда и проявляется изначально богатая природа всего сущего, когда человек достигает целостности и завершённости. Кроме того, восточная философия учитывает глубокую взаимосвязь всего живого и неживого в нашем мире. Согласно такому подходу человек – лишь часть природы, а отнюдь не хозяин, который бездумно преобразует, "берёт" и подчиняет её себе. Он должен гармонично вписываться в природу, найти гармоничное сочетание в ней. Найти "предустановленную" гармонию, по Лейбницу».

В настоящее время наиболее актуален целостный подход к науке: природа + человек. В этом отношении поучительна философия синтоизма и буддизма, согласно которой мир существует не для того, чтобы его изучали, а для того, чтобы его переживали, извлекали удовольствия из общения, вычленяя их из целого, не нарушая всеобщих связей и явлений. Следовательно, одной из целей науки является гармоничное сочетание естественной природы (созданной творцом) и природы искусственной, преобразованной человеком для удовлетворения комфортного и безопасного проживания, самосовершенствования и продолжения рода.

Таким образом, вопрос о благе и взаимосвязанных вопросах добра, добродетели, этики для устройства человеческого общества был одним из основных у древних мыслителей. Однако древние мыслители, несмотря на

поражающую современное человечество гениальность их мыслей и идей, не смогли (и не могли) предвидеть назревающих экологической и духовной катастроф современного мира. Сейчас человечество поняло (пить воду надо из природного источника), что без опережающего развития и на основании решения поднятых вопросов формирования ответственности нового разумного человека цивилизация может погибнуть. Следовательно, основной целью науки на данном этапе является гармоничное существование и сочетание естественной природы и искусственной, создаваемой человеком для удовлетворения его возрастающих материальных и духовных потребностей, комфортного и безопасного проживания, продолжения рода и самосовершенствования. Несомненно, одной из главных целей науки является выработка и систематизация знаний. Но этого мало. Как утверждал великий Аристотель, без обобщения знаний нельзя говорить о науке: нет обобщения – нет науки. Таким образом, можно утверждать: цель науки должна включать в себя выработку, систематизацию и обобщение знаний во имя блага человека и человеческого общества.

1.2.4. Задачи науки

Анализ литературных источников, относящихся к развитию науки, философии науки, показывает, что задачи науки, также как и её цели, многоплановы и в настоящее время их трудно свести к единым.

Ближайшие задачи науки во многом определяются рекомендациями правительств, плановых органов, корпоративными интересами и т. д. Например, в Японии были изданы прогнозы и детальные задачи науки и техники до 2025 г. [63]. В России разработаны и утверждены правительством приоритетные направления развития науки, технологий и техники, «Перечень критических технологий» (подписанный президентом В.В. Путиным в 2002 г.). Так сложилось, что роль в определении задач науки (особенно краткосрочных) принадлежит всё в большей мере государству, группе лиц и частнособственническим интересам, а научная деятельность приобретает социально-детерминированный, этнополитический характер и даже претерпевает религиозное влияние. Отсутствие глобальных задач науки не способствует созданию правильных, научно обоснованных краткосрочных задач ни отдельными государствами, ни сообществом государств.

По мнению авторов, глобальной задачей науки является разработка и обоснование идей, планов, направлений по преобразованию естественной Природы и созданию в гармонии с ней «второй природы», формирования

«нового» высокой степени ответственного, разумного человека и обществ, живущих в гармонии друг с другом и Природой. Задачей науки является разработка и претворение этих идей в жизнь во благо человечества, нацеленных на производство материальных и духовных благ.

Как следует из указанной задачи науки, важнейшими деталями является экология и нравственность человека. Справедливо Н.Н. Моисеев подчёркивал: [64] «Нравственный и экологический императив – нераздельное целое». В его работах экологический императив – требование, обращение к человечеству о запрещении любой войны, поддержании сохранности основных параметров природной среды. Речь идёт о выработке и реализации интегральной стратегии, требующей создания планетарных органов по сохранению и процветанию человечества.

1.2.5. Предмет научной деятельности

«Во всех без исключения философских системах рассуждения мыслителей любого уровня начинались с анализа того, что окружает человека, что находится в центре его созерцания и мысли, что лежит в основе мироздания» [19]. Всё это в целом составляет «феномен бытия». Постижение бытия, раскрывавшееся с разных сторон и с разной степенью полноты, неотделимо от науки и представляет предмет её исследования. Если на ранней стадии человека окружала естественная природа, то сейчас преимущественно преобразованная, «искусственная». Если раньше первое, к чему стремился ребёнок – соску матери, то сейчас нередко к искусственной соске. Во всё большем масштабе предметом исследования становится космос и нанотехнологии, их влияние на жизнь человечества. Однако в настоящее и будущее время предметом изучения человека остаётся бытие, он сам и его духовный мир. Приоритетным же направлением является исследование взаимосвязи: естественная природа – искусственная природа – человек.

Следовательно, предметами исследования науки являются естественная и искусственная природа, человек, а также его идеи, символы и образы, отображающие существование и развитие человека и бытия в их взаимосвязи. Человек всегда остаётся субъектом науки. Чем выше уровень развития науки, технологического производства, тем выше степень развития человечества и его влияния на Природу. Люди издревле высоко оценивали роль учёного, мудреца. Сегодня это общепринятое мнение, к сожалению, утрачивает свою значимость. В настоящее время мы стоим на пороге, а в некоторых случаях перешагнули переход к стадии «научного

производства» [60]. Научная работа, научные исследования становятся аналогом «мануфактурной фабрики» с жёстким разделением труда. Например, фазовый, химический состав, механические свойства материала в большинстве случаев определяют в специализированных лабораториях. При этом экспериментальная наука вместо непосредственного изучения реальных процессов и объектов часто переходит к компьютерным экспериментам, моделированию, что оправдывают денежными затратами на оборудование, приборы и материалы по их изучению. Исследователь в возрастающей степени использует компьютерные технологии, современную информационную среду, интернет, что приводит к изменению «пространства научного труда», целей, задач и способов получения результатов и удалению учёного от общения с естественной Природой. Кроме того, на изменение условий работы учёного значительное влияние накладывают частнособственнические и бюрократические интересы, которые приводят к ограничению доступа к главной сокровищнице человечества – информационным ресурсам и новым технологиям, к субъективной оценке труда учёного в едином процессе обнаружения истины.

Таким образом, основной субъект науки – учёный – становится частью глобальной «социальной машины», при этом система предусматривает ему место с определённой долей ресурсов и возможностей. В этой обстановке субъекту науки труднее раскрыть заложенный в нем от природы научный потенциал. В результате интеллект учёного должен сочетаться с интеллектом субъектов «социальной машины», человеческого общества, т. е. бюрократии.

Ещё Аристотель понимал, что положение человека в обществе определяется собственностью (в наше время зарплатой). И если зарплата ученого ниже зарплаты госслужащего, а условия его работы ниже общемировых – или не будет «правильной» науки, или будет напряжение в обществе. Учёный, как существо «устремлённое к благу», в большей мере нуждается в идеях, особенно культурных, духовных и адекватном отношении к нему общества.

1.2.6. Концептуально-методологические основы науки

В работе [30] значительная часть посвящена основным концепциям философии науки. Рассмотрены вопросы рационализма и эмпиризма в теории познания, философия науки Канта, Витгейштейна, логический позитивизм, постпозитивизм, а также постпозитивистские модели науки на материале физики. Особый интерес представляет сравнение моделей Карла Поппера, Имре Лакатоса и Томаса Куна, Стивена Тулмина. Следует отметить, что в философии науки нет ни одной основной концепции науки. Для сравнения ограничимся двумя принципиально отличающимися концепциями философии науки: Поппера и Куна.

Центральным положением концепции Поппера является концепция фальсификации. Её суть в том, что эмпирические наблюдения никогда не могут установить истинность научного знания. По Попперу, возможность опровержения и есть критерий, по которому различается наука от ненауки.

Другой подход к науке у Куна, который предложил в качестве фундаментальной концепции для объяснения феномена роста и сменяемости научных знаний понятие «парадигмы», научного сообщества нормальной науки, научной революции. Термин «парадигма» обозначает всю совокупность убеждений, ценностей, механических средств и т. д., он характерен для данного (современного) сообщества. По словам Куна [66], парадигму составляют «…признанные всеми научные достижения, которые в течение определённого времени дают модель постановки проблем и их решений научному сообществу», т. е. парадигма, по существу, является концептуальной основой науки на период её действия. К парадигмам Кун причислил, например, аристотелевскую динамику, птоломеевскую и ньютоновскую механику, химию Лавуазье и т. д. Развитие и приращения научного знания в рамках такой парадигмы было им названо *нормальной наукой*. Получившая наибольшее признание модель развития Куна отображает динамику науки. При этом структура научного знания при всех моделях науки (концепция устойчивого развития) оставалась постоянной: выработка знаний→систематизация знаний→практика.

В настоящее время такая концепция не может уже удовлетворять научное сообщество и должна учитывать реалии жизни человеческого общества. По мнению авторов, концепция современной науки должна определяться следующей схемой: выработка знаний → обобщение знаний → систематизация знаний → {сохранение естественной природы + создание искусственной природы + формирование нового человека} → благо всеобщее.

1.2.7. Новое определение науки

На основании изложенного материала можно предложить новое определение науки.

Наука – сфера разумной деятельности человечества, направленной на выработку, обобщение и систематизацию научных знаний с целью созда-

ния искусственной природы, способствующей развитию цивилизации в гармонии с естественной природой во имя блага человека.

Известны слова К. Маркса о том, что все науки сольются в единую науку. В этом смысле имеется возврат к исходному однозначному положению: один объект (предмет) – одна наука, но возврат совершается на иной, более высокой основе [67]. Имеется один объект – всеобщее благо. В [44] утверждается, что наука в настоящее время в развитии достигла своих естественных границ. «Наши представления об окружающем мире достигли такой стадии, когда дальнейшее увеличение массива знаний уже не может изменить фундаментальных принципов, когда конструирование и формирование "скелета" научных знаний практически завершёно». Далее утверждается [44], что наука приблизилась в наше время к точке своей первой по настоящей парадигмальной бифуркации, к точке коренной ломки научного мировоззрения, и «скоро нас ожидает новый путь» (будучи физиками, авторы, очевидно, считают, что новые эпохальные открытия нас ожидают в области физики). Вообще во многих изданиях, посвящённых науке, отчётливо прослеживается мысль: основа науки – естествознание, основа естествознания – физика [30, 35].

Однако положение меняется, если основой науки является достижение всеобщего блага, о котором мечтали ещё древние мыслители. Из закономерностей развития науки и техники, а также из наметившихся направлений научно-технического прогресса следует, что сейчас складывается постнеклассическая наука. То есть идёт становление единой системы научного знания [68]. К. Маркс [67] отмечал, что «естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука». В данной обстановке особенно возрастает роль философии. Задача философии, философии науки – выработка знаний о благе, отвечающем современному историческому этапу развития человечества.

1.3. Новая парадигма развития ресурсодобывающих регионов, в том числе Дальневосточного

1.3.1. Подходы к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов

В фундаментальном труде [12] сделан вывод: «Суть новой парадигмы развития России (и всей мировой цивилизации) – переход к обществу высокой нравственности, качества жизни и устойчивого развития (человечества, природы и техносферы)». Не вызывает сомнений, что новая парадигма развития России (как и всей мировой цивилизации) полностью соответствует вышеприведённому определению науки.

Можно отметить, что новая парадигма развития России применима и для её отдельных регионов, в том числе и Дальневосточного. Проблемы, касающиеся новой парадигмы развития регионов, обширны и многогранны. В монографии обращается внимание на проблему устойчивого развития ресурсодобывающих регионов. Нетрудно заметить, что проблемы устойчивого развития ресурсодобывающих и нересурсодобывающих стран (и их регионов) значительно отличаются. Существенные трудности испытывают ресурсодобывающие регионы, связанные со значительным изменением окружающей среды, ухудшением экологической обстановки, низкими доходами от продажи сырья, так как в большинстве случаев эти регионы не производят материалы и изделия, в том числе из добываемого сырья. Проблемы, связанные с развитием ресурсодобывающих регионов тесно связаны с отмечавшимися ранее глобальными проблемами человечества – истощением невозобновляемых минеральных ресурсов и обострением экологической обстановки.

Проблемы, развитие которых может привести к пределу роста основных показателей, определяющих развитие человечества, к концу текущего столетия были обозначены в первом докладе Римского клуба [69]. Основных проблем пять: численность населения, индустриализация, производство продовольствия, истощение запасов невозобновляемых ресурсов, деградация природной среды. При этом утверждается, что соблюдается закон экспоненциального роста численности населения, производства продовольствия, загрязнения окружающей среды, расхода невозобновляемых ресурсов. Предлагаемые модели развития показывают, что коллапс неизбежен и основная причина – истощение запасов невозобновляемых ресурсов. Следовательно, ключевой для развития человеческого общества, и особенно для развития России, является проблема минеральных ресурсов. Проблема ресурсосбережения тесно связана не только с всё увеличивающейся потребностью использования сырья, но и решением экологических проблем, а также устойчивого развития общества. Эта проблема для России, на первый взгляд, не так остра, как для ведущих стран мира.

В этой связи обращает на себя внимание статья кандидата экономических наук В.В. Путина, опубликованная в 1999 г. [70]. В этой статье утверждается, что Российская экономика в XXI в., по крайней мере, в первой его половине, сохранит свою сырьевую направленность. Потенциальная ценность балансовых запасов полезных ископаемых России позволяет рассматривать минерально-сырьевой комплекс как базис устойчивого раз-

вития страны на длительную перспективу. По мнению автора, наличие крупного природно-ресурсного потенциала страны обусловливает её особое место среди индустриальных стран. Ресурсный потенциал при его эффективном использовании станет одной из важнейших предпосылок устойчивого вхождения России в мировую экономику. Центральное место среди природных ресурсов России занимают минерально-сырьевые, связанные с добычей и использованием ресурсозатратного уклада. Технологический уклад, связанный с ресурсосбережением и инновационными технологиями, представлен только в ряде производств ВПК. Автор статьи предлагает обеспечить распространение передовых технологий из ВПК и активизацию отечественных учёных на новые разработки, при этом предлагается развитие перерабатывающей промышленности и её экспортного потенциала. Можно предположить, что автор работы [70] ещё не был готов сказать, что России необходимо экспортировать не минеральное сырьё, а материалы и изделия.

С другой стороны, в литературе [71] имеется иной взгляд на проблему возрождения экономики России за счёт экспорта сырья: «Возвращение России в лоно мировой цивилизации, коим грезили "прорабы перестройки", на деле оказалось превращением страны в сырьевой придаток Запада. Такой стране, даже если её будут именовать энергетической державой, не нужна полномасштабная наука, не требуются прорывы в области технологий, для власти опасен образованный народ». Что, собственно, мы и наблюдаем на практике.

В статье «Россия, вперёд» экс-президент РФ Д.А. Медведев [72] использует следующие термины и высказывания: «унизительная сырьевая зависимость», «примитивная сырьевая экономика», «двадцать лет бурных преобразований так и не изменили нашу страну от унизительной сырьевой зависимости», представлена «антисырьевая» точка зрения. Таким образом, происходит противостояние сырьевой и инновационной политики в развитии экономики. Противопоставление, вплоть до исключения сырьевой экономики, и такое направление развития поддерживает большинство российских экономистов, политиков и рядовых российских граждан [73]. Н.И. Фокин утверждает [73], что фактор ресурсной обеспеченности определяет «места» появления конкурентных преимуществ в экономике и структуру экспорта. Для России с её богатыми сырьевыми ресурсами сырьевая экономика связана с успешной конкурентоспособностью и поэтому, по заключению автора, нельзя отказываться от своих преимуществ. В связи с этим автор статьи делает вывод, что «сырьевая экономика, также

как и размеры территории, представляют не столько вызов для России, сколько шанс для модернизации» [73].

Истинный же путь ресурсосбережения и инновационных технологий, на взгляд авторов, должен состоять из двух основных этапов: экспорта сырья (первый этап), развития науки и инновационных технологий за счёт прибылей от экспорта сырья (второй этап). При этом этапы совмещены и должны дополнять друг друга. Для этого необходима разработка концептуальных моделей ресурсосбережения и ресурсовоспроизведения сырья для получения материалов и изделий. Как известно, сырьевая экономика нацелена на получение материалов и энергии, без которых невозможно развитие «второй природы», а следовательно, и человеческой цивилизации. Для того чтобы сырьевая экономика была инновационно привлекательной, необходимо разработать общую стратегию, включающую стратегию ресурсосбережения, воспроизводства минерального сырья, формулировку научной проблемы, методологию её решения, использования передовых технологий. Решение этой задачи требует комплексного, системного подхода с привлечением геологов, горняков, экологов, металлургов, химиков, физиков, материаловедов, машиностроителей, экономистов и других учёных и специалистов [12].

В работе [13] справедливо отмечается, что для развития Дальневосточного региона необходимо сочетание сырьевой экономики и промышленной.

В настоящей работе предлагается новая парадигма развития ресурсодобывающих регионов, сочетающих сырьевую и промышленную составляющие научно-технического прогресса при превалирующем развитии духовной, нравственной, культурной составляющих общечеловеческого прогресса, обеспечивающих его устойчивое развитие. Следует отметить, что значительную роль в общечеловеческом прогрессе играют наука и знания.

Сырьевая составляющая научно-технического прогресса должна обеспечить комплексную, рациональную переработку сырья в регионе его добычи, с получением материалов и изделий, а также ресурсосбережение и экологическую безопасность.

Промышленная составляющая научно-технического прогресса должна разработать и создать оборудование, обеспечивающее применение высоких технологий и экологическую безопасность при переработке сырья и получения материалов.

Ресурсодобывающие регионы должны поставлять на рынок не сырьё, а по большей части материалы, изделия, высокие технологии, оборудование.

Россия – самодостаточная страна, но и она имеет пределы своего роста, связанные с ограниченностью ресурсов природы, законами развития

общества и создаваемой человеком «второй природы». Неуправляемое изменение процессов развития общества и природы, а также «второй природы» может привести к глубочайшему кризису – глобальной катастрофе [12]. В связи с этим в последнее время (конец XX и начало XXI вв.) ведущие учёные и известные общественные деятели настоятельно обращают внимание на необходимость устойчивого развития человеческого общества и природы [5]. В [12] на основании комплексных исследований проблем устойчивого развития России предлагается важный вывод о необходимости его для отдельных регионов страны с учётом специфики их развития (на примере Иркутской области Хабаровского края, Байкальского региона и республики Татарстан). При этом показано, что проблемы устойчивого развития регионов и России в целом теснейшим образом связаны с природно-ресурсным потенциалом территорий, возможностями экономики и социальной ситуацией в стране. В этой обстановке задачей науки считается обработка поступающей информации с использованием модельных описаний, либо формальных методик получения объективных оценок. Постулируется, что для каждого из выделенных блоков: социально-экономического, промышленно-технологического, медико-биологического и эколого-геофизического, существуют процедуры получения объективных оценок его текущего состояния (рис. 9).

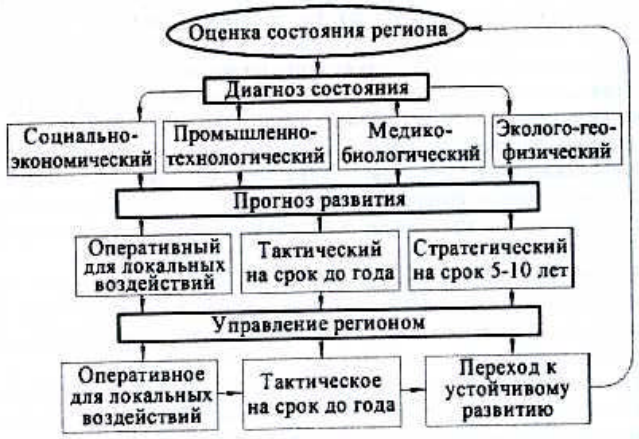


Рис. 9. Схема стратегии устойчивого развития регионов в соотношении с задачами диагноза его состояния и прогноза управления

Используя предлагаемые процедуры наблюдения и регистрации данных, по мнению авторов [12], можно составить диагноз, прогнозы развития региона, стратегию управления им для перехода к устойчивому развитию (рис. 9). На взгляд авторов, для разработки стратегии устойчивого развития сырьевых регионов, состоящей из четырёх блоков, не хватает горно-перерабатывающего блока.

Предлагаемый [12] промышленно-технологический блок применительно к Дальневосточному региону должен включать прежде всего машиностроение и его отрасли: космическое, авиастроение, судостроение, сельхозмашиностроение, судоремонтное и т. д. Это совершенно другой подход к развитию региона, чем добыча, переработка и реализация трудозатратного и дешёвого сырья. Кроме того, в работе [12] уделяется недостаточное внимание комплексу научных, технологических, организационных, финансовых мероприятий (инновационному пути). Для развития сырьевых регионов не указываются механизмы получения прогнозов, стратегии и тактики их управления. Однако отмечается, что «добыча и переработка полезных ископаемых имеет большой удельный вес в хозяйственной деятельности края» [3] (что относится и к Хабаровскому краю). В заключение, для рационального природопользования рекомендуется [3, 12] «разработка прав хранения и переработки отходов, рекультивации и рационального использования отработанных пространств» (например, в условиях ДВ региона это может относиться к подземным отходам Солнечного ГОКа).

Таким образом, в [12] предлагается новая парадигма развития России и её регионов в XXI в. применительно к сырьевым регионам, но которая не предусматривает в стратегии устойчивого развития горно-перерабатывающего блока, который нельзя в данных условиях отождествлять с промышленно-технологическим. Для Дальневосточного региона промышленно-технологический блок ассоциируется прежде всего с космической техникой, авиастроением, химико-технологической, оборонной промышленностью, что во многом отличается от горно-перерабатывающего блока. Кроме того, в работе [12] уделяется недостаточно внимания обновлению научно-технического пути развития (комплексу научных, технологических, организационных, финансовых мероприятий, т. е. инновационному) для сырьевых регионов. В этой работе не указаны методологические подходы и определяющие факторы развития. Не указаны пути по превращению сырьевых регионов с развитой научно-технической и производственной структурой, перерабатывающих сырьё в материалы и изделия с использованием высоких технологий, в промышленно-развитые регионы с

комфортным проживанием людей в экологически приемлемых условиях при обеспечении безопасности человека и природы. В работе [12] не рассмотрены определяющие факторы, которые должны учитываться при разработке программы развития сырьевых регионов, не рассмотрена концепция развития регионов по рациональному и комплексному использованию сырья и получению из него материалов и изделий непосредственно в регионе его добычи.

По мнению авторов [12], «Оценка состояния региона: диагноз–прогноз–стратегия управления» – стратегия перехода к устойчивому развитию «может быть определена как лучшая из рациональных стратегий управления на срок порядка 10 лет и более», по мнению авторов данной монографии, предлагаемая парадигма (концепция) отражает только одну сторону многогранной проблемы устойчивого развития ресурсодобывающих регионов.

В структуру диагностического подхода (рис. 9) авторами предлагается ввести дополнительный пятый горно-перерабатывающий (горно-добывающий и перерабатывающий) блок (рис. 10). Применительно к сырьевым регионам исследования по разделу «Оценка состояния региона» должны предусматривать решение задач по развитию производства на основании следующей информации.

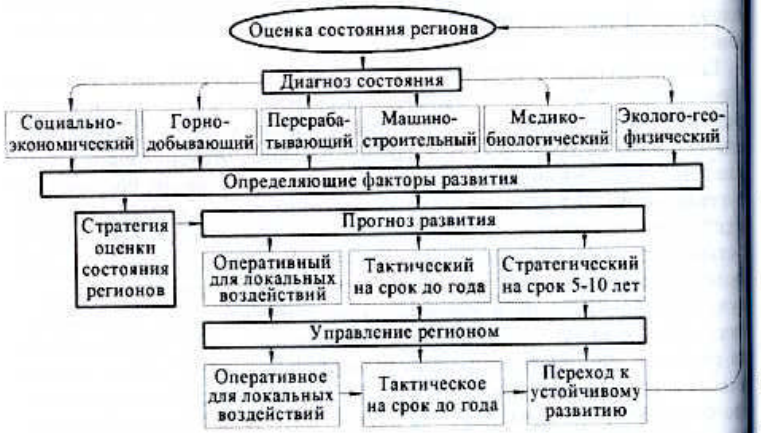


Рис. 10. Схема стратегии устойчивого развития регионов с учётом определяющих факторов

1. Состояние данной горно-добывающей (горно-металлургической) промышленности в России и мире.

2. Состояние развития науки, техники и технологий в данной области, регионе, России, мире.

3. Сравнительный банк данных по геологоразведочным, горно-добывающим и перерабатывающим предприятиям в регионе и сопредельных районах, в том числе характеристики применяемых технологий и оборудования в горно-добывающей и в горно-металлургической промышленности.

4. Сравнительные банки данных по количеству и качеству минерального сырья в регионе, уровень добычи сырья в регионе, России, мире и долгосрочные потребности в материалах, изделиях; банк данных по конъюнктуре.

5. Перспективы устойчивой экологической обстановки в регионе.

6. Программы, распоряжения, указы, относящиеся к развитию данной отрасли промышленности.

Указанные сведения в целом будут способствовать разработке адекватной стратегии устойчивого развития ресурсодобывающих регионов. Хотя в отдельных случаях они могут потребовать уточнения и дополнений.

Таким образом, применительно к сырьевым регионам (блок горно-перерабатывающий) для определения динамики и прогнозов их развития, стратегии и тактики управления и перехода в устойчивое состояние предлагается добавить к схеме устойчивого развития (рис. 9) раздел «Определяющие факторы развития регионов» (рис. 10).

Новый раздел «Стратегия оценки состояния регионов» должен учитывать ряд положений:

1) стратегию развития науки, техники и технологии в мире и в России;

2) стратегию развития комплекса научных, технологических, финансовых мероприятий, направленных на коммерциализацию знаний, технологий и оборудования (развитие инноваций) в горно-добывающей, перерабатывающей, машиностроительной промышленностях региона;

3) банки данных по минеральному сырью региона;

4) банки данных по добыче и потребителям сырья в мире, России, регионе;

5) долгосрочные потребности в минеральном сырье и материалах;

6) данные по добывающим, перерабатывающим предприятиям;

7) утверждённые планы и Программы развития регионов, распоряжения, указы, нормативные акты президента и правительства.

Следует отметить положительный опыт минерально-сырьевой базы Карело-Кольского региона для производства сварочных материалов – электродов и флюсов [74]. Авторы [75] приводят схему минерально-сырьевой

базы Кольского полуострова для производства сварочных материалов, включающую перечень месторождений, ГОКи, производимые концентраты, продукты переработки, организации, занимающиеся производством сварочных материалов, потребителей. Однако производство сварочных материалов основано на базе мощных ГОКов и научно-исследовательских западных центров страны, т. е. используется гидрометаллургическое производство. В связи с чем этот замечательный подход для Дальневосточного региона может быть использован только отчасти. Для сырьевых регионов Востока России невозможно на данном этапе развития создание мощных ГОКов, перерабатывающих предприятий, а перспективным является создание малых предприятий с использованием самых высоких технологий.

Если для горно-добывающих комплексов «дробление крупных предприятий на множество мелких, не обладающих финансовыми возможностями для использования современного оборудования и инновационных технологий, привело на фоне ухудшающихся характеристик разрабатываемых месторождений к снижению эффективности добычи» [76], то создание малых предприятий по переработке минерального сырья будет важнейшим направлением устойчивого развития регионов. Однако для этого необходимо применять передовые технологии. Например, использование технологического процесса «MACRO» (экзотермическая реакция), позволяющего за один час работы вращающей печи получать 22 т карбида вольфрама (загрузка 72 т) [77]. Вопрос о создании малых технологических предприятий стал даже предметом философского обсуждения [77] «малого дробного производства на основе самых передовых технологий». Такое направление развития перерабатывающих предприятий позволяет не только отказаться от создания громадных металлургических, химических предприятий в добывающих сырьё регионах, но и создать условия их устойчивого развития. Кроме того, эти регионы должны иметь базу для производства необходимых материалов на собственные нужды из добываемого сырья. Это особенно важно для получения материалов из минерального сырья, например, содержащего вольфрам, широко используемый для изготовления упрочняющих покрытий, режущего инструмента, штамповой оснастки и других ответственных деталей, потребность которых ощущается в любом регионе.

Несколько иной подход к развитию сырьевых регионов приводится в работе академика В.И. Ишаева [78], который полагает, что без специальной политики и господдержки Хабаровский край и Дальний Восток в целом могут окончательно превратиться в сырьевой придаток динамично развивающихся стран АТР. Утверждая, что сейчас сырьевые отрасли «вытягивают» экономику, он показывает, что сырьевая специализация региона постепенно исчерпывает свой потенциал. Под руководством В.И. Ишаева разработано несколько сценариев развития ДФО, в том числе опирающихся на модернизацию научно-технического потенциала, создание наукоёмкой продукции, выпуск продуктов обрабатывающего, минерально-сырьевого комплекса. По его мнению, ни один из сценариев не может быть использован в чистом виде, но в любом из них центральной составляющей должна стать промышленная политика.

Можно полагать, что выше рассмотрены два основных подхода к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов, разработанных в системе РАН:

– диагностический, через диагноз состояния и прогнозы к стратегии устойчивого развития [75];

– промышленно-технологический, через научно-техническое развитие промышленного потенциала [13].

Оба подхода необходимы для решения проблемы устойчивого развития ресурсодобывающих регионов. Однако оба они не учитывают в развёрнутом виде минерально-сырьевые аспекты безопасности России, решения проблемы её устойчивого развития. Предполагается, что необходим более расширенный подход к развитию ресурсодобывающих регионов, не заменяющий рассмотренные выше концепции [12, 13, 78], а дополняющий их за счёт разработки нового подхода к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов, его методологии и технологии – материалогический подход.

Материалогический подход предполагает теснейшее взаимодействие с промышленно-техническим в практическом создании перспективного и мобильного оборудования для переработки минерального сырья и получения материалов и изделий в регионах добычи.

1.3.2. Новый материалогический подход к методологии использования минерально-сырьевых ресурсов

Одна из основных проблем ресурсодобывающих регионов заключается в том, что извлекаемое сырьё проходит в них лишь первичную переработку, а затем, для получения из него материалов и изделий, отправляется в промышленно развитые районы страны или за рубеж. Ресурсодобывающие регионы получают только незначительную часть экономической прибыли по сравнению с регионами, производящими и экспортирующими материалы и изделия. Кроме того, увеличение периода между циклами добычи сырья и получения материалов и изделий повышает энтропию биосферы.

Новый подход постулирует изменение стратегии развития сырьевой экономики в ресурсодобывающих регионах. Он определяет не только добычу и первичную обработку сырья, но и получение из него материалов и изделий на основе современных достижений науки и техники в условиях экологической безопасности. Методологическая концепция основывается на предложенных в разное время парадигмах комплексного и рационального использования минерального сырья (табл. 1).

Таблица 1

Эволюция парадигмы (модели) недропользования [75]

Номер парадигмы	Авторы моделей	Краткое описание сущности
1	Вернадский В.И.	Рециркуляция металлов и неметаллических полупродуктов, создание сплавов и материалов с учётом не только свойств, но и распространённости элементов в природе (на основе Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti). Рациональное сознательное преобразование биосферы в «ноосферу», сосуществование общества в гармонии с природой
2	Ферсман А.Е.	Полное использование всех ценных компонентов минерального сырья, создание комбинированных межотраслевых производств, в которых технологические процессы подбираются к составу сырья
3	Бардин И.П.	Отходы одних технологических переделов минерального сырья или производств должны служить сырьём для других
4	Брицке Э.В.	Технология производства материалов сосуществует с окружающей средой, когда применяется принцип комплексного использования сырья
5	Мельников Н.В. Агошков М.И.	Комплексное освоение недр: достижение оптимальных для народного хозяйства страны и интересов будущих поколений показателей полноты использования всех видов ресурсов, недр и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов

Окончание табл. 1

Номер парадигмы	Авторы моделей	Краткое описание сущности
6	Резниченко В.А.	Организация замкнутого комплексного производства: создание межотраслевых технологически замкнутых производств в рамках предприятий, месторождений, регионов, отраслей; рециркуляция материалов; разработка материалов с учётом распространённости элементов в природе, сохранение окружающей среды
7	Верхотуров А.Д.	Создание мини-заводов в местах добычи сырья с использованием высоких технологий. Идеальной схемой безотходного производства, ориентиром на будущие технологии должна быть разомкнутая схема ЦКВМ, т.е. с полной переработкой отходов
8	Верхотуров А.Д.	Разложение минералов, их восстановление и получение элементов, сплавов и соединений при воздействии на минералы (минеральное сырье) концентрированных потоков энергии (высоких градиентных температур и давлений) в условиях лазерной, электронно-лучевой, электроискровой, электрошлаковой, плазменной обработки, алюминотермии, экстремальных методов порошковой металлургии, а не пиро- и гидрометаллургических процессов
9	Трубецкой К.Н. Чантурия В.А.	Развитие минерально-сырьевого комплекса как составной части процесса устойчивого развития при сохранении естественной биоты Земли путём создания эко-, геотехнологий освоения недр на принципах поточности, малоотходности, ресурсосбережения, ресурсовоспроизведения, повышения контрастности свойств разделяемых компонентов с обеспечением экологической чистоты

Главная позиция концепции – использование высоких технологий, обеспечивающих получение материалов и изделий на мини-предприятиях непосредственно в районах добычи сырья.

Такой подход авторы монографии назвали *материалогическим* [79, 80], включающим комплекс вопросов из области геологии, горного дела и металлургии на примере решения триединой проблемы минералогической материалогии: перманентного обеспечения промышленности минеральным сырьём, материалами и изделиями в условиях сохранения равновесного состояния окружающей среды (рис. 11).



Рис. 11. Схема решения триединой проблемы минералогической материалогии

Поставленные задачи могут быть решены с использованием передовых технологий (рис. 12): концентрированных потоков энергии и методов порошковой металлургии. В настоящее время наиболее перспективны методы и установки плазменной обработки и алюминотермии.



Рис. 12. Методы воздействия на руды и концентраты для комплексной рациональной их обработки с целью получения материалов и изделий

В связи с этим особый интерес представляет разработка плазменного котла с замкнутым типом производства элементов и материалов путём полного испарения минерального сырья с последующей конденсацией элементов и соединений в условиях полностью безотходного производства и экологической безопасности [79].

Можно предложить ряд апробированных авторами данной монографии технологических решений для получения материалов и изделий в регионах добычи минерального сырья:

1) использование плазменной обработки для восстановления минерального сырья и получения материалов [81–83];

2) использование установок и технологического процесса типа «MACRO» с применением металлотермии [77];

3) применение электрошлакового переплава для получения легированных быстрорежущих сталей [79, 80];

4) применение методов порошковой металлургии для получения изделий из используемого минерального сырья [79].

Экспериментальные исследования проводились методами алюминотермии, электрошлакового дугового переплава, спекания в вакуумных печах. В большинстве случаев в качестве минерального сырья использовался шеелитовый концентрат Лермонтовского горно-обогатительного комбината (Приморье).

Выше отмечалось, что материалогический подход не отрицает, а дополняет и уточняет отдельные положения диагностического [12] и промышленно-технологического [13] подходов к разработке стратегии устойчивого развития регионов. Цель материалогического подхода – способствовать развитию ресурсодобывающих регионов, поставлять на рынок не только сырьё, но и материалы и изделия, в том числе новые материалы, изделия и новые технологии. Поэтому материаловедческий подход тесно связан с промышленно-технологическим. Научной основой материалогического подхода является изучение циклического круговорота вещества и материалов (ЦКВМ) во «второй природе» (рис. 13) и, в частности, его начального периода (энергосырьевого сектора) – «дуги Ломоносова», т. е. циклов: геология (Г), добыча сырья (Д), подготовка сырья (П), получение материалов (М).

Межцикловые технологические периоды $T_ц$ и внутрицикловые $t_ц$ по преобразованию объёма первоматерии (материя, концентрат, материал) характеризуются соотношением трудозатрат T_p достижения требуемого качества K во времени B:

$$Ti = T_p KB$$

и могут зависеть от времени на их осуществление, например, от непроизводительных затрат на преодоление расстояния между районами, где осуществляются определённые циклы, от энергозатрат, требований к качеству продукта переработки. В связи с этим необходимы научные изыскания по их снижению. Простые соотношения показывают, чтобы снизить трудоёмкость

$$T_p = KB,$$

необходимо искать пути сокращения времени, либо снижать требования к качеству. Время переработки прямо пропорционально трудозатратам и требованиям к качеству перерабатываемого продукта:

$$B = T_p K,$$

а повышение требований к качеству продукта после переработки, в свою очередь, требует увеличения и времени, и трудозатрат:

$$K = T_p B.$$

Используя перспективные технологии (рис. 12), уже на начальном периоде ЦКВМ возможно получение материалов, что позволяет ресурсодобывающим регионам поставлять на рынок не только минеральное сырьё, но и материалы и изделия из них. Поскольку материаловедение не рассматривает эти вопросы, авторами предложен новый раздел науки о материалах – *минералогическая материалогия*, изучающий получение материалов при добыче и переработке минерального сырья (на дуге Ломоносова, рис. 13).

К рассматриваемым положениям минералогической материалогии можно отнести также следующие:

1) чем больше период между циклами $\left(T_ц^1 - T_ц^2\right)$ на дуге Ломоносова (рис. 13), тем больше повышение энтропии S;

2) чем больше период цикла, тем больше повышение энтропии и экологических проблем сохранения окружающей среды;

3) чем больше период между циклами производства изделий и их выходом из строя, тем меньше повышение энтропии окружающей среды.

В связи с этим можно утверждать, что для уменьшения энтропии получение материалов и изделий должно осуществляться в регионе добычи сырья, при этом необходимо добиваться соответствия материалов и изделий их функциональному назначению (наибольшей работоспособности).

Анализ движения вещества и материалов на всем «круговороте вещества и материалов» позволяет осуществлять практические мероприятия по перманентному обеспечению промышленности сырьём и материалами, а

также решения экологических проблем, обозначенным в ЦКВМ экологическим сектором (рис. 13).

Применительно к рассмотренной выше стратегии промышленно-технологического подхода регионального развития [77], кроме традиционно устойчивых направлений машиностроения (авиация, судостроение и пр.), необходимо развивать производство оборудования, обеспечивающего получение материалов и изделий из минерального сырья непосредственно в районах его добычи.

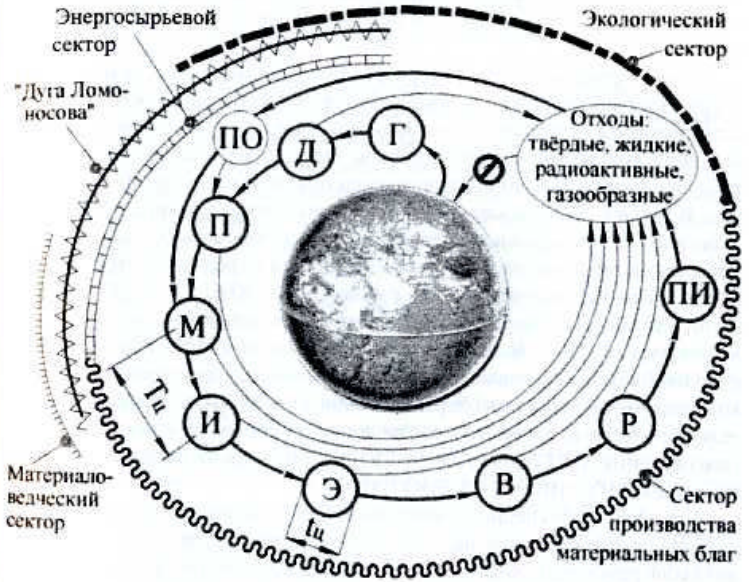


Рис. 13. Схема циклического круговорота вещества и материалов (ЦКВМ) во «второй природе»: *Г* – геология, поиск полезных ископаемых; *Д* – добыча сырья; *П* – подготовка сырья (обогащение, т.д.); *М* – получение материала (металлургия, т.д.); *И* – получение изделий (резанием, т.д.); *Э* – эксплуатация, использование изделий; *В* – выход из строя; *Р* – разборка, демонтаж, реновация; *ПИ* – повторное использование изделий; *ПО* – переработка отходов; $T_ц$ – межцикловые технологии (время и трудоёмкость между T_i и $T_{(i+1)}$ циклами); $t_ц$ – внутрицикловые

Таким образом, основополагающая идея ресурсосберегающих регионов должна заключаться в следующих положениях:

1) выпуск и продажа материалов и технологий на основе добываемого и перерабатываемого минерального сырья, а не его продажа;

2) на данном этапе регионального развития промышленности и технологий переработки минерального сырья – создание малых, дробных производств с использованием высоких технологий;

3) ускоренное исследование круговорота вещества и материалов во «второй природе» с целью сокращения непроизводительных межцикловых и внутрицикловых потерь, в первую очередь, применительно к данному региону.

Следует отметить, что в литературе [79–83] имеются данные по технологиям и оборудованию, которые позволяют в настоящее время осуществлять процессы вскрытия и восстановления минерального сырья с использованием концентрированных потоков энергии; методам порошковой металлургии, исключающим экологически опасный металлургический передел. В работе [83] указывается на перспективность «энергетических воздействий на минеральное сырьё» и «внедрения новых экологически безопасных технологий в процессе первичной переработки труднообогатимых руд», что подтверждается работами ИМ ХНЦ ДВО РАН, которые легли в основу нового разрабатываемого направления – минералогическое материалогии [80]. В монографии проанализирован опыт получения функциональных материалов при воздействии концентрированных потоков энергии на вольфрамсодержащее минеральное сырьё применительно к условиям малого, дробного производства, обобщенный Институтом материаловедения ХНЦ ДВО РАН, ДВГУПС, ТОГУ при поддержке других организаций (ИГД, ИВЭП, ИХ ДВО РАН).

Возможности успешного получения материалов и изделий из минерального сырья (шеелитовый концентрат) в районах его добычи, как это показали результаты комплексных лабораторно-производственных работ, должны базироваться на основных положениях минералогической материалогии [79, 80]. На основе минерального сырья ДВ региона уже в настоящее время получен ряд опытных и промышленных образцов материалов – это легированные стали, электродные материалы для электроискрового легирования, для электроэрозионной обработки, а также флюсы и электродные материалы для сварки, абразивные, порошковые, керамические, конструкционные материалы; материалы для лазерной наплавки и легирования [82].

2. ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

2.1. Материя, вещество, материал, изделие

2.1.1. Материя

Всё то, из чего состоит окружающий нас мир, наша вселенная, мы называем *материей*. Материя включает в себя всё окружающее нас и нас самих. Одной из областей естествознания, изучающей отдельные наиболее значимые части материального мира во всем многообразии форм и состояний его существования, является наука о материалах – материалогия. Процесс длительного изучения явлений природы привел большинство ученых к идее материальности окружающего нас мира. Учение о строении материи, ее изменении и применении является центральным в философии, физике, химии и особенно в материалогии.

По существу, вопросы о внешнем и внутреннем строении материи, её изменении – внутреннем и внешнем – под воздействием различных факторов, взаимосвязи внешних и внутренних форм материи, использовании её в соответствии с потребностями человека являются исходными и базовыми для материалогии. А одной из основных потребностей человека является познание сущности материи, вещества, материала, создание и использование изделия (вещи) в соответствии с его предназначением.

Вопрос о сущности материи и её преобразовании в вещь стал центральным при появлении философии и, особенно это видно в работах Демокрита (460–371 гг. до н. э.), Платона (427–347 гг. до н. э.) и Аристотеля (384–322 гг. до н. э.). Период возникновения философии (V–IV вв. до н. э.) совпадал с начальным этапом изучения материи и формирования науки о материалах. С. Смит [50] справедливо утверждал, что «наука о материи фактически является родственницей философии и науки вообще».

Материя (лат. *Material*) – вещество, субстрат, субстанция, содержание. Термин введен Цицероном (106–43 гг. до н. э.) как перевод с греческого (*hyle*). Понятие материи как субстрата вещественного мира было выработано в греческой философии в учениях Платона и Аристотеля, при этом «материя» принималась как неоформленное бытие, чистая потенция.

По представлениям Демокрита и Аристотеля весь материальный мир состоит из субстанции, находящейся в постоянном движении. Все объекты природы («существующие вещи») не возникают и не уничтожаются, а существуют вечно и проявляются в различных формах этой субстанции, преобразуясь из одной формы в другую.

У всякой природной сущности, возникшей в результате процессов изменения, имеются две внутренние причины, от которых зависит ее существование в природе. Это исходная материя – *Materia Prima* (например, бронза для изготовления статуй); специфическая форма или структура, которая делает её именно такого рода бытием, каким она является (как форма законченной статуи). В дополнении к этим двум внутренним причинам – материи и форме – имеется ещё внешняя причина (например, действия скульптора), которая придает материи форму. Наконец, должна иметься задуманная формулировка назначения вещи (идея статуи в уме скульптора), которая направляет действующую причину (причины) в определённом направлении с целью достижения конечной цели. По Аристотелю, «первая философия – это изучение первопричин вещей; физическая наука рассматривает вещи, поскольку они воспринимаются чувствами и изменяются».

Таким образом, в соответствии с учением сущности бытия Аристотель предложил классификацию причин бытия, выделяя четыре их вида:

1) материальные, то из чего состоят вещи, их субстрат;

2) формальные, в которых форма проявляет себя, образуя сущность, субстанцию бытия: «Каждая вещь есть то, что она есть»;

3) действующие или производящие – рассматривающие источник движения и превращения возможности в действительность; энергетическая база формирования вещей;

4) целевая или конечная – отвечающая на вопросы «почему?» и «для чего?».

Форма, согласно Аристотелю, – это активное начало жизни и деятельности. Изменение и развитие есть осуществление формы, потенциально заложенной в первоматерии. В результате деятельности – энергии (*energeia)* и формы, – воздействующих на материю, возникают различные виды вещей. Следовательно, в основе всего сущего находится первоматерия, но она пассивна и не может образовывать тела (вещи). Образование тел происходит под влиянием «формы» – особого деятельного начала. Аристотель своей теорией четырёх причин в отношении происхождения вещи исходил исключительно только из того, что вещь есть результат творчества, причём неважно хорошее ли это произведение или плохое. Введение двух последних принципов делает вещь и фактически действующей, и целесообразно направленной на использование.

Таким образом, Аристотель первым показал путь создания вещи из материи, принявшей определённую форму путём энергетического и творческого (силового и направленного) воздействия на неё (рис. 14). Выделение

Аристотелем материи и первоматерии и связанной с ними формы имеет глубокий научный смысл и является базой для формирования науки о материалах. К сожалению четыре причины бытия не нашли дальнейшего развития этой гениальной мысли, хотя и прошло около 2,5 тысяч лет...



Рис. 14. Принципиальная схема превращения первоматерии в вещь (по Аристотелю)

Надо отметить, что Аристотель настолько опередил время, что только сейчас можно обоснованно дополнить и продолжить развитие его четырёхзвенной структуры создания вещи. Четырёхзвенная структура превращения материи в «вещь» является исходной в материалогии, но требует в настоящее время некоторого уточнения (и это спустя ~2500 лет!). Однако в процессе получения из материи вещи остаётся неизменной необходимость взаимосвязи творческого потенциала, знаний свойств материи и процессов её преобразования, технологии. Наибольших успехов наука достигла в изучении структуры материи.

2.1.2. Первоначальные представления о структуре материи

В процессе обоснования существования материи в V–IV вв. до н. э. важнейшим вопросом было осмысление структуры материи, её строения. Выдвинутые греческими философами в V в. до н. э. теории строения материи сходятся в гениальном предположении о том, что во всех превращениях материи, во всем многообразии вещей лежит первооснова, которая остается неизменной. Особая роль и заслуга в становлении идеи о первоэлементе принадлежит древнегреческому философу-натуралисту Фалесу (624–547 гг. до н. э.) (рис. 15). Он пришёл к выводу, что причина, первооснова всего – вода. Эта смелая идея о существовании первичного элемента – первоосновы, представление о том, что качественно материя

едина, составляет главнейшую заслугу Фалеса, двадцать пять столетий назад пытавшегося найти единую причину, лежащую в основе явлений природы. Впоследствии все древнегреческие учёные включили эту проблему в круг своих исследований.

В противоположность Фалесу другой греческий философ-натуралист Анаксимандр (610–547 гг. до н. э.) (рис. 15) выдвинул своеобразную теорию о том, что причиной, основой всего сущего является айперон, неопределенный и беспредельный. Он утверждал, что бесконечность материи вызвана бесконечной совокупностью изменяющихся первичных элементов. Также утверждал о всепроникающей материи, которая, тем не менее, в количественном выражении является бесконечной и бесконечно распространённой. В последующих попытках объяснить свойства первичной материи этот атрибут будет приниматься безоговорочно.



Рис. 15. Древнегреческие философы

Согласно Гераклиту (~554–483 гг. до н. э.) (рис. 15), материей, которая отвечала бы требованиям бесконечности, является огонь, а по Анаксименесу (585–525 гг. до н. э.) – воздух. Анаксагор (~500–428 гг. до н. э.) утверждал, что материя происходит от смешения бесконечного количества «качеств», видимым образом себя не проявляющих, но тем не менее постоянно существующих: влажность и сухость, холод и тепло, темнота и свет и т. д. Эмпедокл (495–435 гг. до н. э.) пытался создать систему, которая должна была синтезировать воззрения более ранних древнегреческих натурфилософов, объявив началом и основой всего сущего четыре стихии – землю, воду, воздух, огонь (рис. 16). Их он считал «корнями всех веществ», несводимыми друг к другу и вслед за Парменидом, – неизменными. Таким образом, Эмпедокл был создателем классического учения об элементах, он заложил основы их научного понимания.

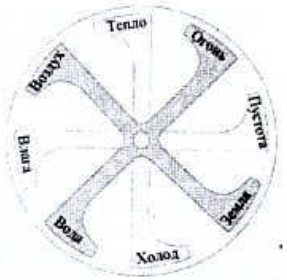


Рис. 16. Теория греческих философов о наличии четырех элементов

Другой точки зрения, позволившей преодолеть затруднения, связанные с теориями философов-рационалистов, придерживались философы-элеатики, утверждавшие существование единой первоматерии. Они считали первоматерию не обладающей качествами, непознаваемой, не являющейся плотной и разделенной на движущиеся в пространстве массы различной величины и формы.

При всей наивности такой точки зрения на структуру материи, в настоящее время видно, что она была отправной базой, которая привела к настоящему пониманию структуры (ещё неизвестно, как будут удивляться наши потомки через 2500 лет современным воззрениям на структуру материи).

2.1.3. Первоначальная атомистическая теория материи

Атомистическая теория, предложенная Левкиппом (500–440 гг. до н. э.), была одной из попыток преодолеть те трудности, к которым привела философия элеатиков. Величайший древнегреческий мыслитель Демокрит (460–360 гг. до н. э.) (рис. 17), ученик и последователь Левкиппа, развил его труды.



Рис. 17. Сократ (469–399 гг. до н. э.) и Демокрит (460–360 гг. до н. э.) – величайшие древнегреческие мыслители

Демокрит утверждал:

1) начало Вселенной – атомы и пустота. Всё остальное существует лишь во времени;

2) атомы – это некие тела, невидимые из-за малой величины и неделимые из-за прочности;

3) следует принимать только атомы и пустоту. Количество атомов и пустота – бесконечны;

4) атомы движутся в пустоте бесконечное время;

5) атомы бесцветны;

6) спрашивать о причине вещей то же, что искать начало бесконечного;

7) законы создаются людьми, а от природы – атомы и пустота.

Согласно атомистической теории Левкиппа и Демокрита, пропагандировавших гипотезу о едином первичном элементе, все предметы состоят из реальных неделимых частиц – атомов и пустоты. Допуская, что существует пустота, учёные-атомисты решительно возражали против основных положений Парменида, утверждавшего, что «пустота или ничто не может существовать отдельно». Демокрит же утверждал: «ничто есть что-то от Сущности», все атомы образованы из одной и той же материи и различаются величиной и формой (геометрические тела, «фигуры»). Они – неделимые материальные тела, вечные, неразрушимые, непроницаемые и невидимы для человека. Основой всех вещей является заполненное пространство – атомы и пустота. Атомы имеют одинаковый состав, но форма и размеры их различны. Они непрерывно перемещаются в пустоте во всевозможных направлениях, причём движение их вечно, оно не возникает и не исчезает. Из их «вихря» образуются как отдельные тела, так и все бесчисленные миры. Когда атомы группируются – образуются различные предметы, когда же атомы отталкиваются друг от друга – предметы рассыпаются.

Таким образом, все предметы постоянно изменяются в результате бесконечного и вечного движения атомов в бесконечной пустоте (а их возникновение и разрушение является лишь внешней видимостью). Так возникает не только вода, воздух, огонь и земля, но и все сложные вещества и бесконечные миры, поскольку атомы и пространство бесконечны.

Такова теория материи по представлениям древнегреческих атомистов. Учение Левкиппа и Демокрита было создано с целью объяснить мир видимых, осязаемых объектов посредством механической концепции, и, к сожалению, идущая от представлений Демокрита и Эпикура атомистическая программа не получила всеобщего признания и развития, она стала активно развиваться только после XVII в. [52].

На основе этой теории возникли другие философские системы и представления о структуре материи. Но в дальнейшем философия физики вплоть до эпохи Возрождения (XV–XVII вв.) существовала в том качественном выражении, в каком её сформулировал Аристотель.

2.1.4. Аристотель и Платон



Рис. 18. Гениальные греческие мыслители: *Платон* (427–348 гг. до н. э.) – ученик Сократа; основал в Афинах Академию (~387 г. до н. э.); *Аристотель* (384–322 гг. до н. э.) – ученик Платона

Одним из важнейших учёных и философов античности, чья деятельность совпала с афинским периодом развития древнегреческой философии, был Аристотель (рис. 18). Его принято характеризовать как самую энциклопедическую фигуру античности. Он оказал огромное влияние на философские направления Средневековья и Нового времени. Его учение, в котором он стремился связать воедино сильные стороны учения Демокрита с достижениями Платона, может иметь и последовательно материалистическое, и объективно идеалистическое истолкование.

Материалистическая переработка началась уже в его школе Страбоном и привела в арабской философии Авиценны и Аверроэса к материалистическому пантеизму [56]. Учение о бессмертной душе было использовано схоластикой, и вся философия Аристотеля была канонизирована Альбертом Великим и Фомой Аквинским. Большое влияние оказал Аристотель на новую схоластику, так же как и на современный неотомизм.

Несомненной заслугой Аристотеля было стремление к собиранию и систематизации знаний, накопленных в древнем Мире. Исходя из своих представлений об отраслях знания, он впервые попытался дать классификацию наук, выделив для каждой из них специальные области исследований, и установил различие между теоретическими, практическими и творческими науками. Теоретические науки Аристотель разделил на три части: «первую философию» (в дальнейшем метафизика) – изучает первопричи-

ны всех вещей, первоначала всего сущего; физику – изучает состояние те
и определённые «материи»; математику – абстрактные свойства вещей.

Аристотель разделил Мир на две области, качественно отличающиес
друг от друга: область Земли и область Неба. Область Земли имеет в свое
основе четыре элемента: землю, воду, воздух и огонь. Область Неба имее
в своей основе пятый элемент – эфир, из которого состоят небесные тел
эта зона начинается около Луны и простирается вверх. Учение Аристотел
отрицало пустоту в природе и разграничивало «земное» и «небесное».

Аристотель указывает, что природой называют то, из чего возникл
данная вещь (материальная первооснова) и то, чем она становится в пр
цессе возникновения – развития. «В первом же и основном смысле – п
шет Аристотель – природою является сущность, а именно сущность в
щей, имеющих начало движения в себе к таковым». Природа – это вну
ренне присущий принцип, закон движения и развития. Все сущее состо
из материи, формы и движения.

В частных науках Аристотель был последовательным эмпирист
Одним из важных достижений Аристотеля являлось создание первон
универсального учения – качественной физики, отталкивающегося
представлений о круговом характере всякого движения, наличия у кажд
вещи её естественного места и т. д.

Натурфилософская система Аристотеля господствовала весь пери
Средневековья, т. е. двадцать веков. Вплоть до наступления Нового вр
мени идейное наследие Аристотеля было скреплено его непререкаемы
авторитетом. Как известно, новоевропейская наука начала свой разбег
критики аристотелевской онтологии. Не следует забывать о том, ско
многим обязаны европейские народы своему учителю – Аристотел
Его научное и вообще культурное наследие неизмеримо [9, 14, 35, 37, 4
51, 52, 54, 55, 57, 59, 61]. Однако в выводах философии науки, анали
научной деятельности Аристотеля, в концепциях современного естеств
знания теория четырёхзвенной структуры вещи (современным языком
детали машин, различные изделия, предметы, приспособления и устро
ства, т. д.) не получила развития.

Итак, речь идет об определении вещи, создании, получении вещи из м
терии. Именно вещь есть: во-первых – материя; во-вторых – форма; в-тре
их – действующая причина; в-четвертых – определённая целесообразность

Предложенная Аристотелем четырёхзвенная структура вещи – э
фундамент материалогии. Аристотель гениально указал схему создан
вещей, которые все больше и больше окружают человека: для создан
вещи необходима материя (вещество), энергия изменения формы (техн
логия), художественно-творческая основа, а также причинно-целевое н

значение. Из четырех принципов три первых прямо относятся к материалогии. В современном изложении выводы Аристотеля могут быть представлены [37] следующим образом: каждая вещь есть овеществленная форма с причинно-целевым, функциональным назначением.

В быту материю понимают слишком прозаически – просто как материал, из которого что-нибудь делается. Но даже если понимать материю как простой материал, то оформление материи для получения из неё какого-нибудь изделия уже предполагает хотя бы примитивный художественно-творческий принцип оформления материи.

В России существуют мнения, что люди, изучающие создание искусственной материи, получение материалов, создание вещей путём изменения формы материала (и его структуры), занимаются в лучшем случае прикладной наукой. А по Аристотелю – это суть человеческого бытия.

Из глубины двадцати пяти веков Аристотель напоминает нам, что в создании вещи и её движении – суть человеческого бытия. Исследование и изучение этих вопросов – есть задача первонауки (фундаментальной науки), в значительной мере – задача материалогии. Нельзя рассматривать науку о материале в отрыве от технологии, процесса его изготовления.

Конечно, за двадцать пять веков изменилось понятие вещи, энергии, появились другие определенные материи. Однако общая схема четырёхзвенной теории Аристотеля выдержала испытание временем, хотя и требует уточнения и дополнения. После этого она может стать базой новой науки – материалогии. Аристотель был не только первым физиком, но и первым материалогом.

Аристотель утвердил своеобразный канон организации научного исследования:

– история вопроса;
– постановка проблемы;
– аргументы «за» и «против»;
– обоснование решения.

В общем виде этот канон сохранился и до наших дней для написания научных работ: статей, монографий, диссертаций.

Для экспериментальных работ, которые не были почитаемы древними греками, в современных научных работах добавляется раздел «Методика, результаты экспериментов».

Как известно, до Галилея и Ньютона доминировала в основном аристотелевская система мира, согласно которой в природных процессах целое важнее её составляющих. Это так называемый холистический, т. е. целостный, глобальный подход к пониманию окружающего. По Аристотелю, наш мир представляет собой иерархическую систему, в которой одни

формы подчинены другим и находятся в динамической взаимосвязи. Холистический подход ориентирован на системный характер того или иного явления, для него целое – нечто большее, чем простая сумма составляющих. В этом случае важны связи и взаимодействия между частями целого, общей системы, удерживаемой ими в равновесном состоянии.

Перед современной наукой стоит трудная задача выявления и изучения механизмов построения природных систем, которые гарантируют высокую выживаемость и надёжность функционирования систем в условиях изменения внутренней и внешней среды обитания. Кроме того, проблема создания теории получения материалов с заданными свойствами требует использования холистического подхода. Эти и другие подобного рода обстоятельства возродили интерес к изучению и развитию глобальных подходов, что свидетельствует о возвращении к Аристотелевскому взгляду на эволюцию различных систем Мира, конечно, на новом витке их познания.

В настоящее время изучением процессов совместного поведения и явлений самоорганизации диссипативных систем произвольной природы – материальных, живых, технических, экономических, социальных и любых других – занимается *синергетика*, опирающаяся на холистические представления о живом и косном мире [84].

Таким образом, ещё в древнем мире Платоном и Аристотелем были разработаны две концептуальные основы (парадигмы) познания научной картины мира – редукционистская парадигма естествознания (Платон) и холистическая (Аристотель) (рис. 19).

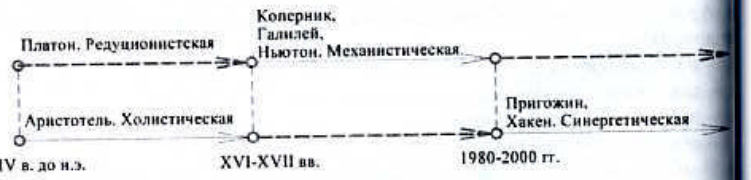


Рис. 19. Схема развития базовых концепций естествознания (штриховой линией выделено доминирующее влияние парадигмы)

В основе редукционистской парадигмы лежат представления, что свойства целого объясняются свойствами частного, т. е. характеристики целого определяются некоторой суммой характеристик его элементарных составляющих. Эта парадигма нашла яркое и успешное воплощение в научном мире Галилея, который затем был обоснован и принципиально развит Ньютоном.

Современное общество обязано этой парадигме крупными успехами в области науки, промышленности. Основополагающими понятиями редукционистской картины мира считается материя и движение. Согласно этим понятиям, природа – это машина, состоящая из отдельных частей со своими индивидуальными свойствами и описываемая раз и навсегда установленными законами математики [84].

В настоящее время научный мир всё чаще обращается к наследию древнегреческих мыслителей и особенно к наследию Платона. О первоматерии Платон говорил с величайшей осторожностью: «восприемница, кормилица». Она может принимать все формы (растекаться влагой, пламенеть огнём и т. д.), не являясь ни одной из них. Она – что-то неуловимое, незримое и бесформенное. Излагая свою теорию строения вещества, он говорит о четырёх родах тел. Эти четыре рода не тождественны огню, воздуху, воде и земле. С точки зрения современной физики четыре рода Платона аналогичны четырём агрегатным состояниям вещества. На небольшом числе страниц «Тимеи» Платона неожиданно появляются идеи, нашедшие своё развитие в ряде областей науки: в атомной физике, молекулярной химии, теории элементарных частиц, теории фазовых превращений и т. д. [85]. Атомистическая концепция, изложенная в «Тимее» Платона, «не только стоит особняком в античной науке, она представляет уникальное и в каких-то отношениях провидческое явление в истории европейского естествознания» [85].

На взгляд авторов, развитие базовых концепций естествознания Платона и Аристотеля будет продолжаться в соответствии с развитием науки, и их использование будет осуществляться в соответствии с конкретными задачами исследования природы на разных этапах.

2.1.5. Атомистические теории эпохи Возрождения и Нового времени

Как уже указывалось, ещё за 400 лет до н. э. была предложена гипотеза, что материя состоит из мельчайших неделимых частиц, атомов. Она подвергалась критическим нападкам Аристотеля, изменялась и перерабатывалась Эпикуром (342–270 гг. до н. э.), излагалась в поэме «О природе вещей» Кара (99–55 гг. до н. э.) и вновь утвердилась после эпохи Возрождения [51]. «Почва» для развития атомистической теории была подготовлена великими греческими философами. Вот почему и удалось Бэкону (1561–1625 гг.) развивать корпускулярную теорию, а Галилею (1564–1642 гг.) доходчиво и кратко объяснить атомистические представления.

В эпоху Возрождения начала появляться другая точка зрения. Нападки на Аристотеля вновь открыли путь атомистической теории Демокрита [53].

В первые годы XIX в. было признано, что атомистическая теория объ
ясняла законы, управляющие физическими явлениями и, опираясь на ато
мистическую теорию атомного строения материи, учёные получили меха
ническое объяснение тепловых явлений. Однако атомная теория, освоен
ная до XIX в., ещё не принималась как универсальное объяснение всех яв
лений: она была признана только для того, чтобы истолковать лишь неко
торые факты, обнаруженные опытным путём. Другие физические явлени
продолжали истолковываться некорпускулярными гипотезами.

Постепенно менялось отношение к научной деятельности – невозмож
но познать истину только умозрительным путём – все гипотезы контроли
руются и находят подтверждение лишь опытным путём. Если древнегре
ческий учёный должен был дать ответ на любой вопрос, то учёный Новог
времени, проверяющий гипотезы путём эксперимента, посвящал свою
деятельность исследованию строго ограниченного, узкого круга вопросов.

К концу XVII в. химики пришли к определённому представлению о
строении химически чистого вещества и стали различать простейши
вещества (элементы), которые невозможно разложить химическими ме
тодами. Было установлено, что число этих простых веществ намног
меньше числа сложных. Началось датированное открытие новых элемен
тов. Эти элементы никаким образом не сопоставлялись с элементами
Платона, Аристотеля.

Моделью новой корпускулярной теории послужила теория небесны
тел, разработанная Ньютоном. Согласно ей частицы рассматривались ка
точки, обладающие массой и подчиняющиеся в своём движении законам
механики. Новая теория, таким образом, была механистической и корпус
кулярной. На основе атомного строения материи были созданы кинетиче
ские теории газов Р. Бойля (1627–1691), М.В. Ломоносова (1711–1765)
Бернулли (1760–1782).

Р. Бойль развил атомистические представления, объясняя формой, ра
положением и движением частиц превращения веществ и их свойст
Несмотря на фанатичную религиозную приверженность, физические
химические изменения вещества Бойль объяснял соединением и разъед
нением атомов, отрицал существование четырёх элементов (Аристотел
или трёх алхимических и высказал проницательную догадку, что элеме
ты будут найдены при последовательном разложении тел.

Атомистические и механические представления были существенно до
полнены идеей о строении вещества и механизме его превращени
Ещё в 1748 г. Ломоносов впервые сформулировал всеобщий принцип с
хранения материи и движения. Он развивал атомно-молекулярные пре
ставления вещества, утверждал, что теплота обусловлена движением ко

пускул. Однако на Западе (во многих случаях повторялось и в будущем) утверждали, что автором закона о сохранении вещества является великий французский химик Лавуазье (1743–1794 гг.). Полное изложение закона М.В. Ломоносова было опубликовано уже после его жизни, в «Начальном курсе химии», изданном в 1789 г., где он писал, что ничто не творится ни в искусственных, ни в природных процессах, и можно принять в качестве принципа, что во всякой операции количество материи одинаково до и после операции, то качество и количество начал (элементов) остаются теми же самыми, что происходят лишь перемены, видоизменения.

Пруст (1755–1826 гг.) в 1799 г. опубликовал закон постоянного состава, согласно которому каждое химическое соединение состоит из определенных элементов, поступающих в соединение друг с другом в определенных пропорциях. Он утверждал, что соединение – это субстанция, в которой природа установила точные отношения, которую природа создала, располагая весами.

Таким образом, химики, располагая уже только весами, стали более основательно изучать вещество и в науку вошло представление об измерении его количества.

Открытия, сделанные учёными в XVI–XVII вв., в значительной мере продвинули вперёд научное познание о структуре материи, что дало возможность создать подлинную теорию её атомного строения. Создавать эту теорию начал английский химик Дальтон (1766–1844 гг.), а развил и дополнил Авогадро (1776–1856 гг.).

2.1.6. Дальтон и Авогадро

Тщательное исследование состава газовых смесей привели Дальтона к открытию одного из основных законов атомистической теории – закона кратных отношений: если определённое количество одного элемента вступает в соединение с другим элементом в нескольких весовых отношениях, то количества второго элемента относятся между собой как целые числа. Согласно атомистической теории Дальтона, вещество состоит из мельчайших, однородных частиц-атомов, сохраняющих свои свойства во всех химических реакциях. Каждый химический элемент, который невозможно разложить химическим способом, состоит из атомов определённого сорта. Каждому химическому элементу присущ свой атомный вес. Поскольку абсолютное значение атомного веса нельзя установить, то Дальтон использовал их относительные веса. Выбрав за единицу вес атома водорода, Дальтон составил первую таблицу атомных весов. Он показал, что атомистическая гипотеза подтверждает закон сохранения вещества,

закон постоянства состава и закон кратных отношений. Простая и логическая теория Дальтона явилась огромным вкладом в науку о структуре материи. Он полагал, что элементы сложены из одинаковых частиц, а различные элементы имеют разный атомный вес. Он допускал также, что если элементы находятся в свободном состоянии, т. е. не в химическом соединении, они состоят из одиночных атомов, а сложные соединения, напротив, состоят из молекул, каждая из которых сложена из атомов соответствующих элементов.

Таким образом, согласно Дальтону, понятие молекулы относится лишь к сложным соединениям, а для элементов понятия молекула и атом равнозначны.

Однако приверженцы этой гипотезы вскоре встретились с непреодолимыми трудностями. В 1808 г. Гей-Люссак (1778–1850 гг.) открыл новый закон, гласивший, что в химических реакциях газообразных веществ объёмы исходных и получаемых веществ, находятся между собой в отношениях, выражаемых целыми числами. Этот закон, строго соответствующий результатам экспериментальных данных, противоречил теории Дальтона.

Опираясь на результаты Гей-Люссака, Авогадро сделал заключение, что если рассматривать газ как совокупность элементарных частиц или молекул, независимых одна от другой, то следует принять, что в одинаковых условиях температуры и давления равные объёмы одноатомных и многоатомных газов содержат одинаковое число молекул. Это значит, что грамм-молекула любого газа при одинаковых условиях (давлении и температуре) занимает одинаковый объём. При нормальных условиях он равен 22,41 л, и в этом объёме содержится $6{,}02 \cdot 10^{23}$ молекул – число Авогадро. Под молекулой он подразумевал наименьшую массу вещества, которая может существовать самостоятельно. Это утверждение получило название *закона Авогадро*. Он резко различал понятия молекулы и атома и в противоположность Дальтону принимал, что газы, образованные отдельными элементами, могут состоять не только из одиночных атомов данного элемента, но как и сложные вещества, из молекул (например, O_2, H_2).

Итак, у элементов следует различать *атомы* и *молекулы*. Это важное дополнение к представлениям Дальтона позволило в дальнейшем химикам обосновать и систематизировать формулы состава химических соединений.

Дальтон, занимаясь определением относительных атомных весов, принял за единицу вес наиболее лёгкого атома, существующего в природе – атома водорода. Таким образом, атомный вес химического элемента есть отношение веса (или массы) его атома к весу (или массе) атома водорода.

Прост выдвинул гипотезу, что атомные веса всех элементов находятся в целых кратных отношениях к атомному весу водорода. При этом он

предполагал, что водород являлся первичным веществом или протеилоном (от греч. *prote* – первичный и *hu1e* – вещество).

При принятии атомного веса водорода за единицу, атомный вес кислорода равнялся 16. Позднее единица измерения атомных весов была изменена. Предложено принимать за единицу одну шестнадцатую часть атомного веса кислорода. Прежде всего потому, что определение атомного веса водорода вызывает затруднения и сопряжено с ошибками, поскольку водород – наиболее легкий из элементов. Кроме того, атомный вес кислорода более удобно выражать в целых числах, поскольку он входит составной частью в соединения, подвергающиеся точным анализам.

От исследований Дальтона и Авогадро оставался «один шаг» до таблицы Менделеева, измерений масс и размеров молекул и атомов, а также кинетической теории вещества.

Галилей и Ньютон создали классическую физику по образцу «Начал» Эвклида. Они сохранили системность и иерархичность частицы и силы «первичных идеальных объектов» в описании материи. На основании классической физики была предложена модель материи, состоящей из атомов и пустоты. Согласно модели атома Резерфорда, в центре его находится ядро, в котором сосредоточена почти вся масса и весь положительный заряд. Вокруг ядра вращаются электроны по определенным орбитам. Но вскоре было показано, что эта модель, созданная в соответствии с канонами классической физики, не соответствует экспериментальным данным.

Однако революционное развитие структуры материи, а также изобретение спектрального анализа (1854–1859 гг.) не позволяли ещё приблизиться к теоретическому вопросу о создании материалов с заданными свойствами. Это направление не становилось наукой.

2.1.7. Квантовая механика и древние греки

К началу XX в. среди учёных бытовало мнение, что классическая физика, разработанная великим Ньютоном и его последователями, объединяет все физические и химические явления и процессы. Эта точка зрения, широко распространенная в то время, возникла под влиянием необычных успехов учёных XIX в. в умножении наших знаний о физических и химических процессах. Классическая механика стала основой для объяснения строения, структуры материи.

Однако к концу XIX в. и в начале XX в. стало очевидным, что классическая механика не позволяет объяснить многие магнитные, электрические, тепловые явления. Так, в 1896 г. профессор Берлинского универси-

тета М. Планк установил на основе экспериментов закон теплового излу
чения нагретого тела, который имеет прерывистый характер. Он предпо
ложил, что энергия колебания атомов – не произвольная, а может прини
мать лишь вполне определенные значения. Планк установил, что свет
частотой колебания должен испускаться и поглощаться порциями, причем
каждая порция равна частоте колебания, умноженной на специальную
константу, получившую название постоянной Планка. Введенная гипотез
(1900 г.) ознаменовала рождение квантовой теории, совершившей под
линную революцию в физике, в том числе и строении материи.

Классическую физику, в противоположность современной, иногда на
зывают «физикой до Планка». В 1919 г. Планк был удостоен Нобелевско
премии по физике «в знак признания его заслуг в деле развития физик
благодаря открытию квантов энергии».

В 1917 г. Шрёдингер писал, что в квантовой теории вообще есть нечто
отпугивающее, и она завоевала признание лишь благодаря исключитель
ным успехам, которых она добивалась почти каждодневно во всех обла
тях физики [86].

В 1911 г. Бор высказал убеждение, что магнитные явления удается
описать лишь на основе некоторых предположений, чуждых классическо
физике. Для него эта идея стала одним из оснований для разработки ег
революционных представлений о строении атома. Ещё одно из подтвер
ждений потенциальной мощи, введённой Планком теории, было сделан
Бором в 1913 г., применившим квантовую теорию к строению атома.

В 20-е гг. XX в. прежде всего Шрёдингер, Гейзенберг, Дирак и друг
развили квантовую механику. Планку же пришлась не по душе новая в
роятностная интеграция квантовой механики, развиваемая Гейзенберго
Он пытался примирить предсказания, основанные только на принципе в
роятности с классическими идеями причинности, однако вероятностны
подход устоял и стал общепринятым.

Начиная с 1926 г., Шрёдингер опубликовал серию работ под общи
названием «Квантование как задача о собственных значениях», которы
стали классикой науки и поставили на солидную основу, казавшуюся
тех пор таинственной, волновую механику. Эти работы, а также создани
примерно к тому же времени матричная механика Гейзенберга возвестил
о создании квантовой механики, которая началась со смелой гипотез
квантов Планка, а также в атомной теории Бора – Зоммерфельда. До этог
многие задачи физики микромира оставались несогласованными и прот
воречивыми. Так, в атомной модели Бора для расчёта электронных орби
и процессов излучения использовались законы классической механики

электродинамики, в то же время для объяснения устойчивости электрон
ных орбит привлекались квантовые условия.

Бор и его ученики с самого начала «квантового бунта» были убеждены,
что модель атома Бора – Зоммерфельда является одним из этапов на пути
к классической атомной теории и отстаивали мнение, что для описания
микромира необходимо создать неклассическую механику.

Важный шаг в этом направлении сделал в 1925 г. В. Гейзенберг.
В фундаментальной работе «О квантово-теоретическом истолковании ки
нетических и механических соотношений» были заложены физические
основы созданной им совместно с Н. Бором и П. Иорданом теории, полу
чившей впоследствии название «Геттингенской матричной механики».
Гейзенберг исходил из предположения, что в физике микромира следует
интересоваться не ненаблюдаемыми величинами (например, электронные
орбиты и т. д.), а теми, которые можно измерить, например, разностями
частот излучения и интенсивностями спектральных линий. По его мне
нию, квантовая теория должна базироваться на таком подходе с целью
создания строгой «квантово-теоретической механики, аналогичной клас
сической механике». Усилиями многих учёных аппарат матричной меха
ники был усовершенствован настолько, что позволял получать точные
решения для реальных физических задач.

В другом направлении подошёл к работе Шрёдингер. Он использовал
мысль де Бройля, согласно которой электрон, обращающийся вокруг ядра
в модели Бора, может быть описан стоячей волной, и рассмотрел возмож
ные обобщения. К созданию волновой механики Шрёдингер пришёл, рас
сматривая атом как колебательную систему и отождествляя возможные
собственные колебания системы с устойчивыми энергетическими состоя
ниями в атоме.

Основная идея Шрёдингера состояла в том, чтобы экстраполировать
математическую аналогию между оптикой и механикой на волновые
свойства света и материи. Центральное место в публикации Шрёдингера
занимает выведенное им на основе оптико-механической аналогии «волно
вое уравнение», которое в первоначальном виде для атома водорода
имеет вид:

$$\Delta\psi + \frac{2m}{K^2}\left(E + \frac{e^2}{r}\right)\psi = 0,$$

где ψ – волновая функция; m – масса электрона; e – элементарный заряд;
r – расстояние между электроном и ядром; E – энергия; $K = h/2\pi$; h – по
стоянная Планка.

Это уравнение Шрёдингера выражает обобщение гипотезы де Бройля о волновых свойствах вещества. Шрёдингер показал, что теоретически рассчитанные энергетические уровни либо совпадают со значениями, полученными в рамках более ранней квантовой теории Гейзенберга, либо хорошо согласуются с экспериментом.

Непреходящее значение уравнения Шрёдингера состоит в том, что оно ознаменовало принципиально новый подход к объяснению явлений микромира, но и не в меньшей степени в том, что выразило законы квантовой механики в «привычной» форме дифференциального уравнения. В своих вычислениях он обошёлся без трансцендентной алгебры, характерной для матричной механики Гейзенберга. Благодаря этому квантовая механика впервые смогла получить практическое применение при расчётах электронного строения. В своих работах Шрёдингер показал полную эквивалентность столь различных на первый взгляд теорий: матричной и волновой механики. Квантовая механика Шрёдингера стала важным шагом в разработке математических методов расчёта электронной структуры, а также целым этапом в развитии теоретико-познавательного аспекта основ материи. Наряду с де Бройлем, Шрёдингер был среди противников копенгагенской интерпретации квантовой механики (Бор жил в Копенгагене), в основу которой было положено соотношение неопределенностей Гейзенберга: координата и скорость частицы не могут быть точно известны одновременно. Эта интерпретация стала доминирующей.

Таким образом, квантовая механика имеет ряд отличительных особенностей по сравнению с выводами классической физики.

1. Фундаментальным признаком квантовой механики является наличие одного масштабного фактора природы материи – постоянной Планка (1900 г.), разграничивающей области явлений, которые можно описать законами классической физики (в этих случаях можно считать $h = 0$), от областей, для правильного истолкования которых необходимо использование квантовой механики. В частности, существуют макроскопические эффекты, в которых проявляются законы квантовой механики – сверхпроводимость, сверхтекучесть, ферромагнетизм.

2. Квантовая механика утверждает дискретность значений для ряда физических величин, например, энергии электронов в атомах (предложенной Бором в 1913 г.); в классической теории все эти величины могут изменяться лишь непрерывно.

3. Все частицы в квантовой механике являются носителями как корпускулярных, так и волновых свойств (корпускулярно-волновой дуализм де Бройль, 1924 г.).

4. Из положений квантовой механики следует, что не все физические процессы могут одновременно иметь точные измерения (принцип неопределенности: Гейзенберг, 1927 г.).

5. Имеются квантовые числа – целые или дробные, определяющие возможные дискретные значения физических величин, характеризующих квантовую систему в целом (атомное ядро, атом, молекула) и отдельные элементарные частицы.

6. Квантовые переходы – скачкообразные переходы квантовой системы (атомов, молекул, атомного ядра, кристалла) из одного возможного состояния в другое. Квантовые переходы могут быть излучательными и безызлучательными. Излучательные квантовые переходы сопровождаются поглощением или испусканием фотона (кванта электромагнитного излучения – нейтральной безмассовой элементарной частицы с энергией $h\omega$, ω – частота излучения).

В XX в. усилиями многих учёных квантовая механика привнесла принципиально новое понимание сущности материи. Есть ли необходимость использования квантовой механики в материалогии, имеющей дело с реальным материалом? Безусловно. Известно, что в настоящее время в материалогии создание материалов осуществляется преимущественно за счет изменения структуры материала [49].

2.1.8. Иерархия структуры материала в материалогии

В настоящее время не имеется общепризнанной иерархии структуры материала. В последние годы появились новые определения и обозначения структур: мезоструктура, фракталы, наноструктура. С учётом последних достижений изучения структуры в [65] впервые предложена иерархия структур в материаловедении: макроструктура–микроструктура–атомная–кристаллическая–электронная. Электронная структура является вершиной «иерархической лестницы» структур материала. Конечно, любой из «этажей» описанной структурной иерархии можно рассматривать автономно в рамках достаточно адекватного и логически непротиворечивого аппарата. Однако наряду с описанной «автономией подструктур» структура материала представляет единое целое. Это связано с тем, что между различными этажами структур имеется своеобразное взаимодействие. Соответственно на свойствах структуры сказываются резонансные эффекты, обусловленные влиянием различных «этажей».

Кроме того, особенность рассмотренной структурной иерархии состоит также в том, что для последовательного нефеноменологического анали-

за любой подструктуры требуется привлечение понятий, относящихся к структуре более высокого «этажа». Так, рассмотрение и изучение наноструктуры невозможно без привлечения квантовой механики.

Таким образом, на современном уровне вершиной иерархической лестницы структуры является электронная структура, описываемая квантовой механикой. Для исследования, создания материалов с заданными свойствами в современных условиях необходимо решение проблемы с использованием квантово-механической теории. Можно сделать вывод, что *квантовая механика* – фундаментальная база материалогии.

Как уже указывалось, для разработки квантовой теории требовалось нестандартное мышление, широта взглядов, глубокое знание предшествующей науки о материи. Необходимо было оторваться от привычных понятий о движении, времени, скорости, пространстве и определенном положении частиц. Основу микромира – кванты – не следовало пытаться объяснить с позиций устаревшей классики, а надо использовать принципиально новые представления о структуре материи (квантовая механика).

Лауреат Нобелевской премии «за фундаментальные исследования по квантовой механике» М. Борн писал: «Философское обоснование науки – вот что всегда интересовало меня больше, чем конкретные результаты». И на вопрос: «Можем ли мы нечто, с чем нельзя ассоциировать привычным образом понятие «положение» и «движение» назвать предметом или частицей?» Борн ответил, что ответ на этот вопрос принадлежит уже не физике, а философии. Следовательно, для разработки квантовой теории надо быть ещё и философом.

В разработку квантовой механики значительный вклад внесли ряд выдающихся учёных, но прежде всего Э. Шрёдингер и В. Гейзенберг (рис. 20).



Рис. 20. Э. Шрёдингер (слева) и В. Гейзенберг (справа)

Шрёдингер Эрвин (1887–1961) – австрийский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, разработал волновую механику – теорию движения микрочастиц, вывел уравнение волновой функции частицы (уравнение Шрёдингера). Имеет труды по греческой философии. Нобелевский лауреат (1933 г.).

Гейзенберг Вернер (1901–1976) – немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, сформулировал одно из важнейших положений физики микромира – принцип неопределённости, дал математическое обоснование протонно-нейтронной модели атомного ядра. Имеет труды по квантовой теории ферромагнетизма, квантовой электродинамике, теории ядерных сил, теории поля, философии естествознания. Нобелевский лауреат (1933 г.). Знал древнегреческий язык.

Начиная с середины сороковых годов, Шрёдингер опубликовал ряд в высшей степени оригинальных монографий и статей, в которых он обращался к гносеологическим, философским и мировоззренческим вопросам физической науки, а также сформулировал свою точку зрения по философским вопросам общего плана. С самого начала своей научной деятельности Шрёдингер мечтал «добросовестно развивать теоретическую физику, но кроме этого, заниматься и философией» [40]. Такие его труды, как «Естественные науки и гуманизм» (1951), «Природа и греки» (1954), «Дух и материя» (1958), «Моё мировоззрение» (1961), убедительно доказывают, что автор был не только выдающимся физиком, но и незаурядным философом.

Философия и специальные области научных знаний были для него взаимосвязанными и неразделимыми частями единого целого. Он полагал, что физические исследования наряду с другими методами познания служат средством для удовлетворения философских интересов.

Для Шрёдингера характерно то, что в центре его философских рассуждений находилась античная система философских представлений. Именно с ней были непосредственно связаны его искания, и именно здесь он находил все новые и новые источники вдохновения [40]. Важную роль в таком отношении к античной философской традиции сыграла его книга «Природа и греки», в основу которой лёг курс лекций, прочитанный Шрёдингером в Лондонском университетском колледже. В этом труде Шрёдингер даёт не только интересное историко-философское введение в древнегреческую философию, но и с большим знанием разбирает вопрос о том, каким образом исторически (но не всегда логически) сложились не-

которые из современных естественно-научных путей познания. В этой связи не последнее место в мыслях Шрёдингера занимала дискуссия по поводу теоретико-познавательных основ квантовой механики, в которой он твёрдо придерживался убеждения о значительном влиянии философии древних греков на становление и формирование квантовой механики. Он писал: «Складывается впечатление, что развитие естественных наук сдерживается глубоко укоренившимися привычными представлениями, одни из которых уже удалось выявить, другие же ускользают от нашего внимания. Современный кризис фундаментальных наук указывает на то, что их основные положения нуждаются в глубоком пересмотре. Это также должно служить для нас стимулом, чтобы заняться серьезным изучением идейного наследия Древней Греции. Мы не только можем надеяться отыскать утерянные крупицы мудрости, но и попытаться обнаружить давние заблуждения у самого их источника, где их легче распознать. Искренне попытавшись поставить себя на интеллектуальный уровень античных мудрецов, которые были намного меньше нас искушены в понимании истинных законов природы, но нередко были более свободны от предрассудков, мы могли бы обогатить себя свойственной им непосредственностью мышления и благодаря этому, вооружившись сегодняшними знаниями, избавиться от их ошибок, которые по сей день мешают нам» [40].

Ещё одной важной причиной для обращения к античному наследию было единство античной науки. Стремление к «единому», для обоснования которого Шрёдингер обращался не только к греческой, но и к китайской и индийской философиям, было важнейшей чертой его научного мышления. Руководствуясь идеей единства, он пытался распространить его на науку и религию, а также на область человеческого мышления и человеческого общества. Такому отношению к философии Шрёдингер во многом обязан своему учителю Ф. Эксперу. Талантливый педагог, он стремился всячески поощрять Шрёдингера и всеми способами развивать его творческие способности. Они были людьми высокой культуры и могли общаться не только на узкоспециальной почве, но и беседовать на самые разнообразные научные и философские темы. Экспер, придававший особое значение философским и методологическим вопросам, не только привлёк внимание Шрёдингера к этим проблемам, но и к философии древних греков.

Один из главных творцов квантовой механики Шрёдингер до конца жизни был противником общепринятой вероятности трактовки этой теории и упорно стремился свести к чисто континуальной и детерминистской формулировке в духе классической причинности. В этом отношении он был в одном лагере с Паули, де Бройлем, Лауэ, которые отстаивали классические принципы в противовес принципам неопределённости и вероятностным истолкованиям волновой функции, разрабатываемым В. Гейзенбергом.

Философия древних греков оказала не меньшее (а может, большее) влияние на другого основателя квантовой механики, выдающегося физика XX в. В. Гейзенберга [54, 55].

Несомненно, встреча с философией Платона сыграла значительную роль в интеллектуальной биографии Гейзенберга. Она дала ему ту идею, которая определила характер его «теоретизирования» от первых юношеских размышлений над проблемой атома до последних усилий найти «мировую формулу». Чтение «Тимеи» Платона открыло Гейзенбергу основную атомистическую идею яснее, чем все, о которых он слышал или читал до сих пор. Конечно, для наглядного представления наиболее подходящей была та схема атомизма Демокрита, которую используют до сих пор в учебниках химии или кинетической теории газов. Описания Платоном атомной структуры материи вызвали у Гейзенберга вначале недоумение, «некий абсурд», но по мере размышления – глубокую осмысленность платоновского представления. У Платона отчётливее, чем у Демокрита выделена роль формы, сделана попытка установить логически единый принцип формообразования и открыта возможность принципиального переосмысливания самой идеи конститутивной формы [55]. Например, его доклад «Открытие Планка – философские вопросы учения об атомах», по существу, был посвящён обоснованию платоновского характера современной атомистической теории. Гейзенберг утверждал, что Платон воспринял существующие элементы учения об атомах. Четырём элементам – земле, воде, воздуху и огню – у него соответствовали четыре вида мельчайших частиц. Эти элементарные частицы являлись, по Платону, основными математическими структурами высшей симметрии. Мельчайшие частицы элемента земли изображались у него кубами, элемента воды – икосаэдрами, элемента воздуха – октаэдрами, мельчайшие частицы элемента огня представлялись в форме тетраэдров, но эти элементарные частицы не были, по Платону, неделимыми. Они могли разлагаться на треугольники и

вновь создаваться из них. Так, например, из двух элементарных частиц воздуха и из одной элементарной частицы огня строилась элементарная частица воды. Сами треугольники не являлись матрицей, они были только математической формой. Следовательно, у Платона элементарные частицы не являлись просто чем-то данным, неизменным и неделимым; они требовали ещё объяснения, и вопрос об элементарных частицах сводился к математике. Последней основой явлений была не материя, а математический закон, симметрия, математическая форма».

Следовательно, по Гейзенбергу, благодаря открытию Планка и последующему развитию атомной теории, в особенности же благодаря современным теориям элементарных частиц, в естествознание вновь проникла мысль Платона, что последней основой атомной структуры материи является математический закон, математическая симметрия. Гейзенберг утверждал, что окончательная теория материи характеризуется одним из важных требований к симметрии. «Эти симметрии не могут больше пояснняться с помощью фигур и образов, как это было возможно с платоновскими телами, но характеризуются уравнениями», по словам Гейзенберга, современная наука дала ответы «на вопросы, сформулированные здесь несколько тысячелетий назад» [55]. Он вновь подчеркивает ближайшую аналогию современной теории элементарных частиц с атомистическими представлениями Платона.

А.В. Ахутин поясняет ход мысли Гейзенберга: «Современная физика пытается установить универсальный закон природы, который должен описать небольшое число фундаментальных свойств симметрии, определяющих спектр возможных элементарных частиц. Природа частицы (совокупность её свойств) определяется и порождается формальными принципами симметрии. Это связано с тем, что мы привыкли связывать понятие материи (в форме элементарных частиц и полей), а оказывается – это не первично. Так как энергия, необходимая для «расщепления» элементарных частиц, сравнима с массой покоя возникающих частей, и сам факт «расщепления приводит к порождению частиц той же природы, что и сталкивающие частицы, «разумно вообще не делать никакого различия между элементарными частицами и составными системами», как отмечал Гейзенберг» [87].

Только известные законы сохранения и определяющие их симметрии уравнения «фундаментальной субстанции» (группы преобразований) имеют характер чего-то первичного. Гейзенберг писал, что эта ситуация

сразу же напоминает нам симметричные тела, введённые Платоном, чтобы представить основополагающие структуры материи. Платоновские симметрии ещё не были правильными, но он был прав, когда верил, что в средоточии природы, где речь идет о мельчайших единицах материи, обретаются, в конечном счете, математические симметрии.

Своеобразный «платонизм» Гейзенберга сказывается и в том, что надёжный критерий истинности он видел в интеллектуальной красоте теории – в её логически ясном единстве, охватывающем простым принципом бесконечное многообразие явлений, – и в том, что связывал эти качества с математикой. Именно Платон открыл ему всю нетривиальность и парадоксальную тонкость понятия атома, с самого начала наведя на мысль, что атом «не вещь среди вещей» [88].

Во многих фундаментальных открытиях Гейзенберга можно увидеть способ решения тех самых проблем, с которыми он столкнулся в первых размышлениях об идее атома. Анализ внутренних противоречий, связанных с наглядным представлением атома и прежде всего с возможностью экспериментально «увидеть» атом, был одним из истоков пути, приведшего Гейзенберга к формулировке важнейшего закона – соотношения неопределенностей. Другая сторона той же проблемы связана с пересмотром традиционного представления форм (или моделей) атомов и электронных процессов, основанных на классических идеализациях: материальная точка, мгновенная скорость, точечная локализация действия и соответствующие понятия причинности, непрерывности, траектории, орбиты и т. д. Отказ от классической систематизации, лежащей в основе так называемой наглядности, был, как известно, главной смысловой трудностью при разработке и усвоении первой матричной формулировки квантовой механики. Вот где Гейзенбергу потребовались идеи Платона и других древних греков!

Привычные кинетические и механические понятия были последовательно заменены соотношениями между конкретными числами, полученными из эксперимента. На место координат и импульсов в соответствующие канонические уравнения движения системы ставятся матрицы, представляющие собой бесконечные таблицы величин со специальными правилами оперирования с ними, не подчиняющиеся закону коммутативности умножения. Эта замена в квантовой механике означает, что в определении физической величины потенциально включается вероятность всех возможных (бесконечно многих) переходов, т. е. изменений системы.

Шрёдингеру, опубликовавшему волновую формулировку теории (математически эквивалентную матричной), поначалу казалось, что квантовая теория Гейзенберга, Борна, Иордана – лишь формальный математический аппарат, позволяющий оперировать с экспериментальными данными, но лишённый какой-либо физической наглядности. Однако можно отметить, что на «позитивистском» этапе интуиции юношеского платонизма мысли Гейзенберга имели особую смелость и свободу. Дело дошло до революционного переосмысливания классических представлений о наглядности и форме. В духе Платона форма и структура атомной системы понята им как внутренняя форма, как математический закон, определяющий структуру возможных значений наблюдаемых (измеряемых) физических величин, – форма в особом пространстве, впоследствии названная Гейзенбергом как «пространство состояний». Гейзенберг искал основу математической формы в теории групп, так как разные состояния системы можно рассматривать как различные представления группы. В работе Гейзенберга «Введение в единую полевую теорию элементарных частиц» говорилось, что элементарные частицы можно классифицировать с помощью квантовых чисел, значений масс и времени жизни также как это делается со стационарными состояниями в квантовой механике. В этом Гейзенберг видел своеобразное развитие идей Платона. Влияние философии Платона на сам склад мышления Гейзенберга как выдающегося физика-теоретика далеко не исчерпывается вышеприведённым.

Можно подумать, что Гейзенберг, глубоко вникнув в философию Платона, «зациклился» на ней, используя в качестве путеводной звезды для создания матричной квантовой механики. Это далеко не так. Он глубоко изучил философию древних греков. Например, говоря об антологии квантовой теории, Гейзенберг отмечает, что первым её понятием является определение состояния атомной системы как «сосуществования возможных состояний, т. е. скорее как возможность, чем как действительность». Из этого видно, заключает Гейзенберг, что понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение.

Математические законы квантовой теории можно рассматривать просто как количественную формулировку аристотелевских понятий «дюнамис» или «потенция». Это дополнение «платонизма» «аристотелизмом», несомненно, делает сближение логической ситуации современной физики с античной философией уже не просто аналогией. Видимо здесь действительно нащупывается тот уровень принципиальных проблем, на котором современная мысль граничит с античной и может вступить с ней в сотрудничество [55].

Философское пробуждение произошло на рубеже 20–30-х гг. прошлого столетия. В [87] сделана попытка систематизации философских воззрений Гейзенберга.

1. От первого доклада и до последней его философской работы («Что такое элементарная частица») он строит свои размышления в форме не философских вопросов квантовой физики, а исторического анализа развития научного мышления (в соответствии с канонами Аристотеля!). Именно в исследовании природы и развитии научных понятий он видит возможность корректного понимания логической ситуации современной физики.

2. С самого начала он включает в историю науки древнегреческую философию. Уже в докладе 1935 г. он дополняет краткий очерк её развития не только указанием на значимость идей «Тимеи», но и анализом теории знания Платона (по работе «Государство»). Стремясь нащупать границу, отделяющую древнегреческую философию от науки нового времени, он замечает, что эта последняя носит преимущественно дианоэтический (аналитический, математически-описательный), а не эпистемический (интеллектуально-интуитивный) характер.

3. В противовес расхожему мнению Гейзенберг подчеркивает, что коперниковская наука основана не на описании непосредственного чувственного опыта, а как раз на абстрагировании от него, на его активной идеализации, обеспечивающей объективную всеобщность знания. Сближая Галилея с Платоном и противопоставляя ему Аристотеля, Гейзенберг замечает, что Галилея интересовало не то, как движутся тела в мире, а как могло бы двигаться тело, если бы оно двигалось как точечная масса в пустоте. Единство и универсальность теории достигается ценой отказа от непосредственной полноты опыта.

4. Границу, отделяющую современную физику от классической, последовательное применение которой обнаружило неточность, связанную с неясностью относительно пределов их применимости. Исходя из этого Гейзенберг формулирует понятие «замкнутая теоретическая система» и концепцию научной революции.

5. Единство науки есть единство подобных замкнутых в себе обособленных систем, переход между которыми требует специфической умственной работы.

6. Изменение структуры научного мышления, требуемое самим предметом современной физики (теорией относительности, квантовой механикой), Гейзенберг видит в необходимости соединить в понятии предмета его возможные, исключающие друг друга экспериментальные (а потому классическим образом актуально выделяющие только одну возможность бытия предмета) представления.

Из сказанного ясно, что можно говорить не просто о философских взглядах, а о цельной философии Гейзенберга.

Некоторым учёным может показаться, что Гейзенберг чересчур увлекся философией, особенно древнегреческой. В связи с этим можно подумать о большом увлечении Гейзенберга философией и его попытками использования для установления фундаментальных положений и теории строения материи по сравнению с другими корифеями физики и квантовой механики, например В. Паули, Д. Борном, Н. Бором.

В этой связи может показаться странным, когда Паули написал Бору: «Недавно я по случаю видел Гейзенберга... Когда я размышляю о его идеях, они кажутся мне кошмарными, и про себя я страшно их браню. Дело в том, что он очень не философичен». И это Гейзенберг – «нефилософичен»?! И далее: «Поэтому я очень рад, что Вы пригласили его в Копенгаген... Надо надеяться, он усвоит философскую установку вашего мышления» [55].

После всего сказанного, такой отзыв слышать странно, но Паули, далеко сам не чуждый философии [66], испытавший мощное влияние Бора (впоследствии он глубоко понял философскую всеобщность боровского принципа дополнительности), знал, что говорил. Можно предположить: чтобы сделать революционные открытия в сущности материи, необходимо быть философом, как минимум, усвоив знания, добытые с древнейших времён и до настоящего времени.

Что касается Гейзенберга, то он отчётливо сказал: «Мне в голову не могло прийти видеть в естествознании и технике нашего времени мир, принципиально отличный от философского мира Пифагора или Евклида» [55]. Кроме всего прочего, он отмечал, что «занятия античностью формируют в человеке такую шкалу ценностей, когда духовные ценности ставят выше материальных».

Что же объединяло этих двух выдающихся людей? Прежде всего, знание древнегреческого языка и превосходное знание греческой истории и философии, которая оказала значительное влияние на их теоретизирование. Да и сами они были настоящими философами.

2.1.9. Структурные уровни организации материи

Современное научное знание основано на структурности материи и системном подходе. В понятие системы входит совокупность элементов и связей между ними. Под элементами системы понимается компонент системы, который далее, внутри данной системы рассматривается как неделимый атом, молекула и т.д. Под структурной организацией материи понимается: её иерархическое строение. Любой объект от микрочастиц до живых организмов, планет и галактик является частью более сложного образования. Однако для материалогии на данном этапе её развития важнейшими объектами исследований являются молекулы и атомы, в совокупности образующие материал.

Молекула – наименьшая частица вещества, обладающая его основными химическими свойствами. Молекулы состоят из атомов, расположенных в пространстве в определённом порядке и соединенных химическими связями, имеющими электромагнитную природу. Химическая формула может отражать состав и расположение атомов. Молекулы инертных газов, а также пары металлов это индивидуальные атомы, а у других газов они состоят из двух и более атомов (до многих тысяч у белков). Размеры молекул варьируются от десятых долей до миллионов нанометров (нано – 10^{-9} м). По величине молекулярной массы все вещества делятся на низко- и высокомолекулярные. Свойства веществ определяются не только химическим составом молекул, но и их структурой.

Под молекулярной структурой понимают определенное сочетание атомов, которые имеют закономерное расположение в пространстве и связаны между собой химическими связями с помощью валентных электронов. Под химической связью понимают результат взаимодействия между атомами, выражающийся в создании определённой конфигурации атомов, отличающий один тип молекулы от другого.

Атом – часть вещества микроскопических размеров и массы (линейные размеры атома ~10^{-8} см). Атом состоит из тяжёлого ядра (размер ядра 10^{-12}–10^{-13} см), обладающего положительным электрическим зарядом, и окружающих его лёгких частиц – электронов (масса ~0,91 10^{-27} г) с отрицательными электрическими зарядами, образующих электронные оболочки. Размеры атома в целом определяются размерами его электронной оболочки и велики по сравнению с размерами ядра.

Существование структуры атома было доказано открытием электрона в 1897 г. Дж. Томсоном. Затем был определён его заряд и предложена мо-

дель строения атома. После опытов в 1903 г. Э. Резерфордом с отклонением α-лучей было определено, что в атомах существуют положительные частицы – ядра, в которых сосредоточена почти вся масса атома. После этого была предложена «планетарная» модель атома. Вслед за открытием электрона последовали открытия других элементарных частиц. Из них наиболее устойчивые: электрон, фотон, нейтрон, протон. Число открытых элементарных частиц непрерывно растёт (сейчас их около 350), а в виртуальной космологии их насчитывают до 807430.

2.1.10. Основные положения классической и новой физики в структуре материи

В развитии физики можно условно выделить три периода, в соответствии с которыми изменялось представление о структуре материи: *классический, новый и современный.* К концу XIX в. были изучены в полной мере такие разделы физики, как механика, термодинамика, электромагнетизм, оптика и гидродинамика. Совокупность этих разделов принято называть классической физикой [68], хотя существует и другая периодизация развития физики [67].

Ньютон, опираясь на труды древнегреческих учёных и Галилея, разработал строгую научную теорию классической механики. Механический подход к описанию природы оказался необычайно плодотворным. Концепция единой механической сущности материи стала основой мировоззрения. Весь мир представлялся в виде сложнейшего совершенного механизма. Принцип классического детерминизма нашёл свое крайнее выражение в идее мирового дифференциального уравнения Лапласа. Это некое гипотетическое уравнение описывает движение всех составляющих Вселенную частиц и их взаимодействие.

В рамках ньютоновской теории материя рассматривалась как вещественная субстанция, состоящая из отдельных частиц – атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса. Существенной характеристикой ньютоновского мира было трёхмерное пространство евклидовой геометрии, которое абсолютно постоянно и всегда пребывает в покое.

Вслед за ньютоновской механикой на основе её созданы гидромеханика, теория упругости, механическая теория тепла, молекулярно-кинетическая теория и т. д., в русле которых физика достигла впечатляющих успехов.

Однако были две области – оптических и электромагнитных явлений, – которые могли быть полностью объяснены в рамках классической физики.

В самом конце XIX в. и на протяжении четырёх десятилетий в физике был сделан ряд открытий. Обнаружено явление радиоактивности, которое в дальнейшем использовалось для исследования строения атома. Попытки описать строение атома привели к созданию квантовой теории.

Анри Пуанкаре первым в истории науки заметил в 1900 г., что энергия излучения обладает массой m, равной E/c^2. Его формула: $E = mc^2$ одинаково хорошо объясняет, как излучение звёзд, так и энергию атомных станций. Принцип относительности, найденный А. Пуанкаре, исходя из уравнений Х. Лоренца, был опубликован в 1902 г. в работе «Наука и гипотеза» в 1904 г. в его мемуарах, и был доложен в том же году на лекции в городе Сент-Луисе (США). Принцип относительности А. Пуанкаре стал основой всей современной релятивистской физики и заставил пересмотреть прежние взгляды на материю и время.

Было сделано открытие – деление атомных ядер. После экспериментов Герца был открыт качественно новый, своеобразный вид материи – поле. К концу XIX в. физики приняли положение, что материя существует в двух видах: дискретного вещества и непрерывного поля (рис. 21).



Рис. 21. Составляющие материи

1. Вещество и поле различаются как корпускулярные и волновые сущности: вещество дискретно и состоит из атомов, а поле непрерывно.

2. Вещество и поле различаются по своим физическим характеристикам: частицы обладают массой покоя, а поле нет.

3. Вещество и поле различаются по степени проницаемости: вещество – малопроницаемо, а поле – наоборот.

4. Скорость распространения поля равна скорости света, а скорость движения частиц вещества меньше её на несколько порядков.

В результате революционных открытий в физике в конце XIX в. и начале XX в. обнаружилось, что физическая реальность едина и нет пропасти между веществом и полем: поле подобно веществу обладает корпускулярными свойствами, а частицы вещества, подобно полю – волновыми.

Для характеристики микромира была предложена его механика, разработанная Шрёдингером. Уравнение Шрёдингера в микромире играет такую же роль, что и уравнение Ньютона в классической механике. Уравнение Шрёдингера для волновой функции не может быть выведено из других соотношений, т. е. это исходное предположение, справедливость которого доказывается тем, что вытекающие из него следствия согласуются с экспериментальными данными.

2.1.11. Современные представления о структуре материи, фундаментальном взаимодействии, движении, пространстве и времени

В настоящее время под структурой материи обычно понимают её строение в микромире, т. е. существование в виде молекул, атомов, электронных частиц и их соединений. Это связано с тем, что человек является макроскопическим существом и для него привычны макроскопические масштабы, поэтому понятие структуры ассоциируется обычно с различными макрообъектами.

Но если рассматривать материю в целом, то понятие структуры материи будет охватывать также макроскопические тела, все космические системы мегамира, причём в любых сколь угодно больших пространственно временных масштабах. С этой точки зрения понятие структуры проявляется в том, что она существует в виде бесконечного многообразия целостных систем, тесно взаимосвязанных между собой, а также в упорядоченности строения каждой системы. Такая структура бесконечна в количественном и качественном отношениях.

Проявлениями структурной бесконечности материи выступают:
– неисчерпаемость объектов и процессов микромира;
– бесконечность пространства и времени;
– бесконечность изменений и развития процессов.

Из всего многообразия форм объективной реальности эмпирически доступной всегда остается лишь конечная область материального мира, которая ныне простирается в масштабах от 10^{-15} до 10^{28} см, а во времени – до $2 \cdot 10^9$ лет. Структурные уровни материи в настоящее время могут быть выделены по вышеперечисленным признакам в следующие области.

1. Микромир:
– частицы элементарные и ядра атомов – область порядка 10^{-15} см;
– атомы и молекулы 10^{-8}–10^{-7} см.
2. Макромир: макроскопические тела 10^{-6}–10^{7} см.
3. Мегамир: космические системы и неограниченные масштабы (на сегодня до 10^{28} см).

Разные уровни материи характеризуются разными типами связей.

1. В масштабах 10^{-13} см – сильные взаимодействия, целостность ядра обеспечивается ядерными силами.
2. Целостность атомов, молекул, макротел обеспечивают электромагнитные силы.
3. В космических масштабах – гравитационные силы.

2.1.12. Материал

Материал – производное от слова «материя». В связи с приведёнными выше определениями материи и вещества правильнее было бы, чтобы слово «материал» являлось производным от слова «вещество». Однако слово «материал», очевидно, возникло тогда, когда слова «материя» и «вещество» были синонимами, либо слово «вещество» ещё не употреблялось. Можно предполагать, что слово «материал» возникло до появления заключений о полевой форме материи, т. е. до конца XIX в.

Аристотель утверждал, что как и материя, материал имеет чистую потенцию, потенциальную возможность получения определённой вещи. Например, отделённые от природного вещества (скалы) куски базальта имеют определенную форму и размеры и являются материалом, необходимым для получения базальтового волокна. Далее базальтовое волокно является материалом для приготовления теплоизоляционных плит и матов; в свою очередь плиты и маты служат материалом для изготовления, например, изоляции турбин [89]. После определённого срока эксплуатации теплоизоляционный материал в свою очередь может послужить материалом для следующего изделия. Используя выводы Аристотеля и последующих достижений науки, можно сделать вывод, что существует иерархия структурной организации материи: 1) первоматерия; 2) вещество; 3) материал; 4) изделие (вещество определенной формы и необходимых свойств).

К сожалению, в некоторых изданиях слово «материал» (табл. 2), а также «материаловедение», а тем более «материалогия», лишены права на существование. А ведь материал – один из основных объектов человеческой цивилизации.

Таблица 2

Определения материи, вещества, материала, изделия и наук, изучающих материалы согласно литературным данным

№ п/п	Определения материи, вещества, материала, изделия, наук	Литература
	Материя	
1	А. Объективная реальность, существующая вне и независимо от нашего сознания; Б. Вещество, из которого состоят физические тела природы	[90]
2	Вещество; субстрат; субстанция; содержание (в отличие от формы)	[37, 46, 92, 94]
3	Субстанция, имеющая массу и занимающая место в пространстве	[91]
4	Философское понятие	[93]
5	Объективная реальность, независящая от чего-либо	[95–97]
6	Материя философская категория для обозначения объективной реальности	[98]
	Вещество	
1	Качественная сущность материи; то из чего состоит физическое тело	[90]
2	Вид материи, которая обладает массой покоя	[37, 46, 47, 94, 99]
3	Вид материи, который обладает массой покоя. В химии подразделяют вещества на простые и сложные	[92]
4	Вид материи, которая обладает массой покоя (в т.ч. элементарные частицы, атомы, молекулы)	[100]
5	Качественное проявление материи	[95, 101]
6	То, из чего состоит физическое тело; материя	[96, 98]
	Материал	
1	Вещество, предмет, сырьё, применяемые для изготовления чего-либо	[90]
2	Предметы, вещества, идущие на изготовление чего-либо	[95, 118]
3	Вещество, предметы, идущие на изготовление чего-либо; то, что служит основой построения, развития чего-либо	[96]

Окончание табл. 2

№ п/п	Определения материи, вещества, материала, изделия, наук	Литература
	Металловедение	
1	Наука, изучающая строение и свойства металлов и сплавов, их измерения при различных воздействиях (тепловом, механическом, химическом, т. д.)	[90]
2	Наука, изучающая связь между составом, структурой и свойствами	[37, 46]
3	Наука, изучающая связи между составом, строением и свойствами металлов и сплавов; тесно связана с металлофизикой	[102]
4	Наука, изучающая связь между составом, строением и свойствами металлических материалов, закономерности их изменений при механическом, тепловом, химическом и др. видах воздействия. Тесно связана с металлофизикой	[92]
	Материаловедение	
1	Наука о прочности и деформируемости материалов	[90]
2	Наука о материалах какой-либо области производства	[95]
	Изделие	
1	Изготовленный, выработанный кем-либо предмет, сделанная вещь	[90]
2	Продукт производства, для реализации или собственных нужд	[94]
3	Выделка, производство	[95, 101]
4	Вещь, сделанная из чего-либо; товар	[96]

В древнее время, Средневековье и Новое время в связи со слабым развитием производительных сил общества существенную роль в производстве вещи играло использование первоматерии (природного вещества). В связи с этим объективно в обществе существовали понятия «вещество» (первоматерия) и «вещь». С развитием производительных сил общества усложнялась технология обработки вещества для получения готовой вещи (изделия). Следовательно, в общем случае, можно рассматривать материал

как промежуточное искусственное вещество между первоматерией (веществом) и готовой вещью (изделием). В связи с этим, на взгляд авторов, глыба мрамора – это материал, а не первоматерия, как утверждал Аристотель. Глыба мрамора – это, например, отделённый от скалы материал, имеющий определённую (первичную) форму и размеры.



Рис. 22. Четырёхзвенная схема получения вещи по Аристотелю

Аристотель не включил в свои принципы интеллект, но уделяет ему значительное место в формировании вещи. Обращает внимание, что, по Аристотелю, вещь определяет выбор материала, энергии и интеллекта (рис. 22). Необходимо указать на обязательный и общий принципы соотношения формы и материи у Аристотеля: каждая вещь по Аристотелю – результат творчества.

В теории Аристотеля синонимами были не только материя, вещество, материал (вернее материал ещё не отделялся от первоматерии). Такая путаница существовала не менее тысячи лет, а в некоторых случаях продолжается и по сей день.

Аристотель утверждал: «Естественно возникновение того, что возникает от природы; то из чего оно возникает – это, как мы говорим, материал» [88]. Он различал первоматерию (безграничную, бесформенную, непрерывную и не имеющую свойств) и вторичную материю, включающую в себя вещество (первоматерию) и форму. Учение о форме являлось основным в теории Аристотеля о материи и вещи. Он утверждал, что глыба мрамора – это первая материя; скульптура – это вторая материя, состоящая из первоматерии и формы, т. е. вещь. Эти рассуждения Аристотеля в настоящее время требуют уточнения и дальнейшего исследования.

В настоящее время человека окружает все больше и больше вещей, появляются вещи, отслужившие свой срок службы, которые становятся исходным материалом для получения новых вещей. Кроме того, в процессе превращения вещества в материал и материала в вещь, образуются отходы производства, которые также должны использоваться как первичный материал.

Исходной основой получения материала является природное вещество (первовещество), имеющее определённые свойства и установленные запасы. Проблемами получения из природного вещества материала или сырья занимается геология и горное дело. Для изучения свойств горных пород исследуются их пробы.

На основании изложенного, может быть представлена общая схема иерархической последовательности превращения первовещества в материал и в изделие (рис. 23). Итак, после воздействия на природное вещество энергией, как выражался Аристотель (технология T_1), образуется первоматериал, имеющий уже определённые размеры, форму, химический состав, структуру и свойства, которые после первичного преобразования природного вещества в первоматериал могут ещё значительно отличаться от необходимых для изделия. Следует отметить, что функциональное назначение изделия, условия его эксплуатации определяют общую структуру схемы превращения первовещества в первичный материал M_1 и в M_n-й материал для изделия (вещи).

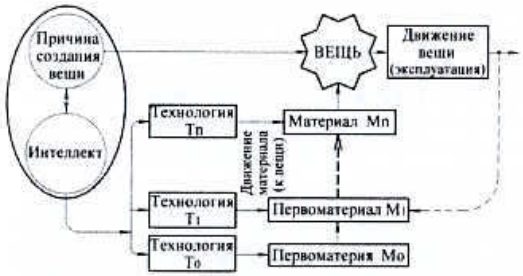


Рис. 23. Схема Аристотеля применительно к современным условиям получения вещи

Следовательно, первичный материал получается из природного вещества с формированием определённой формы и размеров. В общем случае первоматериал может не соответствовать M_n-му материалу. Получение первоматериала металлов – задача горного дела, химического синтеза и металлургии. Последующие материалы ($M_2 \rightarrow M_n$) изменяют форму, размеры, химический состав, структуру в соответствии с требованиями, предъявляемыми к изделию, т. е. происходит творческо-эстетический процесс по созданию изделия (вещи), обусловленный назначением и условиями эксплуатации изделия и определяющий состав, структуру, форму,

размеры, свойства M_n-го материала. Для превращения материала используют металлургическое производство ($T_1 \rightarrow T_n$), литейное, штамповочное, резание, сварку, наплавку и т. п.

Для M_n-го материала необходимо определение не только физико-химических, но эксплуатационных свойств – износостойкости, жаростойкости, холодостойкости, коррозионной стойкости и т. д. в зависимости от служебного назначения и эксплуатационных свойств изделия, вещи.

К первоматериалу относится общеизвестное понятие «первичное сырьё» – материал, подлежащий дальнейшей переработке (руда, хлопок-сырец и т. д.). В результате переработки первичного сырья, особенно горного производства, остаются различного рода отходы, которые должны быть вовлечены в технологический процесс получения веществ и материалов. Известно, что после определённого срока службы изделия (вещи) превращаются в отходы, макулатуру и др., которые по требованиям устойчивого развития общества должны быть вновь вовлечены в производство изделий. Эти отходы вновь становятся первоматериалом с последующим изменением формы, размера, состава, структуры и свойств. Например, отходы твёрдого сплава на основе карбида вольфрама подвергались электроэрозионному диспергированию, восстановлению, шлифовке, прессованию и спеканию с получением затем пластин для режущего инструмента. Материалы последующих технологий переработки M_1–M_n будем называть искусственными материалами.

Превращение первоматериала в изделие (вещь) в соответствии со схемой (рис. 23) может осуществляться на одном предприятии, в разных цехах. На машиностроительных предприятиях такими цехами являются: заготовительный, термический, сварочный, механический, литейный, прессовочный, сборочный. Однако в большинстве случаев материалы для изготовления изделия в настоящее время получают на разных предприятиях с выполнением непроизводительных транспортных затрат на перемещение их к сборочным.

Отрыв от материала его формы, размеров и технологии, как это рассматривается в материаловедении (в основном термическая обработка), совершенно не соответствует целям и задачам материалогии.

Материал как вещество или несколько связанных между собой веществ характеризуется совокупностью свойств (табл. 3), предопределяющих то или иное практическое, функциональное назначение: материал – это основной объект технологической, творческой, научной деятельности

человека, обеспечивающий его жизнь, которая невозможна без него. Общепринятое определение материаловедения (табл. 2) не отражает сути материала и его функционального назначения.

Таблица 3

Некоторые свойства вещества и материала

Наименование	Физико-химические	Эксплуатационные	Технологические
Вещество	Термические и термодинамические; электрические и магнитные; оптические; механические; химические	–	–
Материал	Термические и термодинамические; электрические и магнитные; оптические; механические; химические	Износостойкость; термостойкость; ударная вязкость; коррозионная стойкость; жаростойкость и т. д.	Литейные; свариваемость; прессуемость, т. д.

Учитывая свойства вещества и материала (табл. 3), предлагается дать новое его определение. Если материал по современным понятиям это вещество, имеющее определённые свойства, необходимые для его практического использования, а его роль могут исполнять и предметы, идущие на изготовление чего-либо, то это шаг к Аристотелю. В этом случае вещество должно иметь требуемую форму (о чём говорил Аристотель и мыслители IV в. до н.э.) с размерами, составом, структурой и обладать требуемыми свойствами. Следовательно, материалом является уже изначальное природное вещество, взятое для его преобразования в задуманное изделие.

Можно утверждать, что первые идеи и парадигмы в области науки о материалах (познавательная и создания вещи) возникли в Древней Греции и связаны с именами Демокрита, Платона, Аристотеля (рис. 24).

Однако обращает внимание длительный период усвоения первых парадигм, особенно практической. Это связано с двумя основными причинами.

1. На начальном этапе развития наук о материи, материале и вещи победила «стихийная» парадигма Платона – Аристотеля, которая была гос-

подствующей на протяжении 1,5 тыс. лет и не смогла стать фундаментом дальнейшего развития науки (рис. 24). Она стала теоретической базой алхимии, что способствовало становлению химии. Основа «стихийной» парадигмы – мир состоит из воды, воздуха, земли, огня и эфира – трансформировалась в положение о различном состоянии вещества: жидком, твёрдом, газообразном и плазменном.

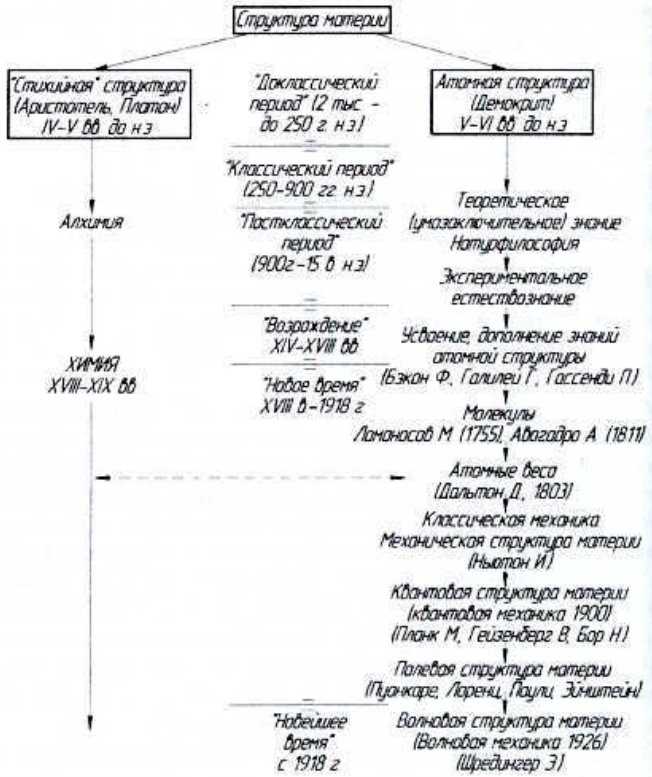


Рис. 24. Схема развития представлений о структуре материи

2. Естествознание древних в большинстве случаев не было экспериментальным, было «умозрительным», а развитие производительных сил общества требовало надёжных, проверенных данных, полученных на основе экспериментальных исследований.

После того, как естествознание приняло атомную парадигму Демокрита и стало экспериментально-теоретическим, произошёл бурный рост знания. Таким образом, первыми парадигмами в истории развития научных знаний о структуре материи и материала были последовательно парадигмы Демокрита, а затем Платона – Аристотеля, и не внести их имена в список великих было бы несправедливо. Однако роль Аристотеля в становлении науки о материалах на этом не заканчивается. От Аристотеля, предложившего принципы получения любой вещи, идут истоки науки о материалах. Своё учение о «вещи» – сути бытия, – он излагал много раз, называя четырьмя принципами любой вещи: материальные, то из чего состоят вещи, их субстрат; формальные, в которых форма проявляется, образуя сущность вещи; действующие или производящие – рассматривающие источник движения и превращения возможности в действительность, энергетическая база формирования вещей; целевая или конечная причина, отвечающая на вопросы «почему» и «для чего».

Таким образом, парадигма создания «вещи» по Аристотелю: «причина – материал – энергия – интеллект – форма – вещь». Значительное место в формировании вещи он уделил интеллекту.

По Платону, в создании вещи должна быть определяющая причина создания – идея. То есть парадигма создания вещи по Платону: «причина – идея – материал – энергия – интеллект – форма – вещь» является, на взгляд авторов, наиболее близкой современному пониманию процесса получения вещи.

Анализ парадигм создания вещи Платона и Аристотеля показывает, что и в настоящее время вещество и форма являются основными причинами создания вещи. При этом осознана необходимость энергетического воздействия (технологии) не только получения формы, но и вещества с определённой структурой и составом, т. е. превращения вещества в материал, а затем и в вещь. Чем сложнее, ответственнее вещь, тем выше требования к интеллекту её создателя.

В настоящее время в большинстве случаев материал становится вещью, в связи с этим парадигмы Платона, Аристотеля можно рассматривать как первые парадигмы в области науки о материалах, возникшие во время натурфилософии. Парадигмы Платона и Аристотеля по созданию вещи не потеряли своей значимости и в настоящее время и поражают своей глубиной и всесторонностью исследования рассматриваемой проблемы.

2.1.13. Изделие

Материал, в конечном счёте, необходим человеку для изготовления из него того или иного изделия, начиная от простейших деталей (палка, рубило, нож, молоток), до сложнейших прецизионных деталей с криволинейными поверхностями, образующих сложные сборочные единицы новых и всё более совершенных изделий. На основе последних в процессе дальнейшей сборки создаются новые изделия, которые участвуют в процессах получения новых материалов и заготовок, машин и механизмов, сложных установок и т. д.

Изделие – это материальное средство деятельности. Изделие участвует в осуществлении процесса, для которого оно предназначено.

Изделие создаётся для исполнения функционального назначения, которое чётко формулируется до начала его изготовления. Формулировка функционального назначения изделия состоит из двух этапов: общая формулировка и уточнение. Этап общей формулировки отражает общие требования к исполнению изделием его функционального назначения, в том числе требования к материалу. Этап уточнения требует глубокого уяснения физической сущности процесса, для которого изделие предназначено для конструктивного оформления его поверхностей и других параметров. Чем глубже будет продуман этап уточнения изделия, тем больший успех будет заложен в его создание и последующую эксплуатацию.

Для исполнения функционального (служебного) назначения у изделия конструктивно оформляются поверхности двух видов: исполнительные поверхности, которыми изделие исполняет своё функциональное назначение и поверхности – основные базы, – определяющие его положение при исполнении задуманного функционального назначения.

Изделие конструктивно состоит из составляющих его звеньев, которые удерживаются теми или иными видами связей.

К изделию можно отнести любой продукт, полученный после преобразования человеком уже первоматерии, вещества, материала, т. д. для использования его в дальнейшей деятельности. К изделию относятся не только детали: гайка, шестерня, корпус, вал, втулка, сборочные единицы из них. К нему относятся и такие средства, как книга, чертёж, карта, схема, план и т. д.

Изделия относятся к средствам деятельности человека, но обладают всеобщими признаками, наравне со средствами деятельности природы. Подробнее всеобщие признаки средств деятельности природы и человека рассмотрены в подразд. 2.2.

2.2. Материальные образования как структурно-функциональные единицы связи

2.2.1. Общие замечания

В работе [103] обозначена идея выявления и сопоставления всеобщих признаков средств деятельности природы и человека: материи и вещества, материалов и изделий из них как макро-, так и микромира. Это, по мнению авторов, вызывает интерес для осознания структуры материи, материала, вещи, объективной оценки их строения, а также процессов, в которых они участвуют.

Использование рассмотренного в данном разделе аспекта о всеобщих признаках средств деятельности природы и человека, позволяет упростить понимание конструктивного оформления не только изделий из материала, но и любых средств деятельности, в том числе и получивших конструктивное оформление в виде чертежей и схем.

Например, рис. 13 схематично показывает ЦКВМ во «второй природе». В данном случае схема ЦКВМ является средством деятельности, отражающим процесс циклического круговорота вещества и материалов.

Выделяя всеобщие признаки средств деятельности природы и человека («искусственной», «второй природы»), можно заметить, что все они образуются из составляющих их звеньев, удерживаются теми или иными видами связей, изображенных на схеме ЦКВМ в виде последовательных и параллельно-последовательных односторонних переходов (стрелками), где исходным звеном является «Земля» (биосфера).

Данная схема может быть основанием для решения прямой задачи конструктивного оформления составляющих звеньев ЦКВМ, в конечном итоге – задачи создания образующих его средств деятельности. Для этого необходимо вскрыть последующие производные связи каждого из составляющих звеньев этой схемы, что потребует их разработки, т. е. конструктивного оформления, изучения и уточнения составляющих звеньев и связей исходя из формулировки их функционального назначения.

Общая формулировка функционального назначения любого средства деятельности предшествует его конструктивному оформлению (созданию его конструкции). При этом вначале (зачастую подсознательно), на первом этапе продумывается общая формулировка функционального назначения средства деятельности, на втором – уточнение её. В данном

случае формулировка функционального назначения заключается в наглядном представлении схематичного отражения указанного процесса полного циклического круговорота. Выбранное место в тексте (или ссылка) является базой для определения положения схемы, исполнительными поверхностями которой являются линии и символы, отражающие составляющие звенья и связи, раскрывающие и дополняющие суть схемы. Их количество может быть увеличено в процессе уточнения, изучения и более глубокого продумывания формулировки функционального (служебного) назначения схемы.

Схема ЦКВМ (см. рис. 13) состоит из минимального количества своих составляющих звеньев, без которых невозможно её конструктивное оформление в единую структурно-функциональную единицу. Уточнение функционального назначения схемы, а следовательно, совершенствование её конструкции, возможно на любом этапе создания. Однако чем глубже изначально продумана общая формулировка, уточнения её, тем она будет более совершенна, возможен больший успех и меньшие трудозатраты на её создание и применение. Позднее показано, что все составляющие звенья схемы ЦКВМ (см. рис. 13), сгруппированные по отдельным признакам своего функционального назначения, образуют всего четыре составляющих звена (четыре сектора): энергосырьевой с «дугой Ломоносова», материаловедческий, сектор производства материальных благ, экологический. Это пример того, что обобщение составляющих звеньев и связей упрощает понимание общей схемы.

На схеме показано, что сектор энергосырьевой (см. рис. 13) охватывается «дугой Ломоносова», а также частично материаловедческим сектором. Это свидетельствует о том, что предстоит дальнейшее уточнение функционального назначения ЦКВМ, так как материаловедческий сектор может быть расширен ввиду возможности получения материалов на этапах, отражающихся составляющими звеньями П, ПО, Д. То есть предстоит более глубокое изучение проблемы ЦКВМ, особенно в части равновесного сосуществования в биосфере системы природа–человечество.

Каждое составляющее звено ЦКВМ является преобразователем, функциональным назначением которого является преобразование вещества, начиная от первоматерии до материала, изделий и последующих отходов, полученных после использования изделий. При этом каждое звено имеет своё чётко сформулированное функциональное назначение и ряд его уточнений.

2.2.2. Материальные средства деятельности и всеобщие признаки

В понятие средства деятельности природы или человека вложен смысл любого материального образования, той или иной конструкции, созданной природой или человеком. Легко заметить, что сложнейшие процессы деятельности природы представляют собой совокупность отдельных природных процессов, осуществляемых силами природы. Различные вещества представляют собой средства деятельности природы (или человека), они воспринимают различные силы природы и используются для создания новых процессов, происходящих в ней.

Идея выявления и сопоставления всеобщих признаков упрощает представление мироздания до существования двух атрибутов: средства деятельности и процессы. В монографии пока не затрагивается вопрос до ещё большего упрощения: сила – направление, что требует отдельного рассмотрения.

Нетрудно заметить, что любое средство деятельности содержит в себе созданные ранее составляющие его средства деятельности, и в них непрерывно осуществляются различные взаимосвязанные природные процессы.

Средства деятельности функционально предназначены для осуществления процессов (естественных, созданных природой или искусственных, созданных, преобразованных человеком). Процессы также имеют своё функциональное назначение – для преобразования, создания новых средств деятельности, в свою очередь предназначенных для исполнения новых процессов.

Окружающую нас природу можно рассматривать как вариант автоматически действующего всеобщего процесса её изменения, удержания равновесного состояния, а при нарушении его – освобождения связей, угасания, затухания. Можно предположить, что основной целью процессов созидания в материальном мире является удержание равновесного состояния его материальных образований, средств деятельности, сохранение материи, квантованных состояний от аннигиляции.

Сила в материальном мире – это мера (способность) воздействия средства деятельности или, наоборот, реакции от него. Вероятно, её можно оценить количеством квантованных состояний, так как она передаётся преобразователями, которыми являются материальные образования и их составляющие. Удержание равновесного состояния материальных образований происходит посредством связывания сил, объединяющих составляющие средства деятельности. Средства деятельности микро-, макро-, мегамира обладают рядом всеобщих признаков. Уяснение этого значительно упрощает понимание мироздания.

Время – это мера продолжительности действия силы (передачи количества элементарных квантованных состояний вакуума, четырёхмерных импульсов связей, количеств движений, материальных образований).

К всеобщим признакам средств деятельности можно отнести:

1) функциональное (служебное) назначение;
2) наличие поверхности (или аналога);
3) наличие связи;
4) преобразователь.

Вероятно, это далеко не все всеобщие признаки, количество которых должно увеличиваться по мере накопления новых знаний. Так как человек воспринимает прежде всего макромир, проще выделить и уяснить любой из всеобщих признаков в макромире, а затем осознать его как всеобщий признак, в том числе микромира. Рассмотрим эти признаки.

2.2.3. Служебное (функциональное) назначение

Термин «служебное назначение» или «функциональное назначение» средств деятельности (конструкций) используется в машиностроении и означает функциональное исполнение им заранее предусмотренных, наперёд сформулированных целевых задач. Отнесём этот термин к средствам деятельности природы.

Каждое созданное природой вещество, как средство деятельности, является готовой конструкцией природы, материальным образованием, предназначенным для участия в тех или иных природных процессах. Оно образуется из совокупности взаимосвязанных более мелких составляющих его конструкций, средств деятельности, используемых по своему функциональному назначению для создания данного средства деятельности. При этом одно из его составляющих является базовым, оно, как правило, отличается большими размерами, массой и ориентирует другие составляющие.

Средства деятельности природы как конструкции могут взаимодействовать, связываться с аналогичными конструкциями и их составляющими, другими средствами деятельности, участвовать в создании новых конструкций, предназначенных для осуществления новых процессов в природе.

Следует заметить, что функциональное назначение является не только неотъемлемым признаком средства деятельности, но и процессов. Процесс – количество передаваемого, организованного в средства деятельности единого фундаментального воздействия (например, четырёхмерными импульсами пространства–времени как вариантов средств деятельности) для создания связей, удержания созданных ранее творений

(средств деятельности), дальнейшего созидания функциональных единиц связи и их соединений. Например, процесс «ремонт» – предназначен для замены исполнительных поверхностей средств деятельности (или их регулирования), составляющих средства деятельности звеньев (конструкций), замены их на другие в соответствии с их функциональным назначением.

Каждое средство деятельности природы предназначено исполнять отведённые ей функции – участвовать в процессах, для исполнения которых оно создаётся. В природе ничто не создаётся бесцельно, создание средств деятельности природы – целенаправленно. То есть каждая конструкция природы имеет признак функционального назначения. Для природы характерно создание среды – образования многочисленных одинаковых (практически) или аналогичных средств деятельности, конструкций, например, электронов, атомов. Средой является пространство, заполненное большим количеством многочисленных (на порядки меньших) средств деятельности, взаимодействующих между собой.

Анализируя функциональное назначение средства деятельности природы, можно заметить, что по характеру исполнения процесса взаимодействие природных конструкций (и среды), преобразование (изменение) ими материальной среды выполняется ***двумя путями***.

Первый. Переработка (преобразование, чаще всего, формы) среды. В этом случае признаком служебного назначения средства деятельности предусматривается отделение от выбранной части составляющих среды для использования их (или отделённой части) в последующем конструировании (соединениях) новых средств деятельности. Такое средство деятельности по признаку функционального назначения конструируется как *стационарное* для переработки, преобразования среды (движения её составляющих, создания потока, передачи усилия, переноса полученного воздействия и т. д.).

Второй. Перемещение в среде. В этом случае предусматривается внедрение средства деятельности в созданную ранее среду или часть среды, перемещение в ней до получения эффекта, для взаимодействия с составляющими среды, либо при прохождении данной среды предусматривается воздействие им с другой граничной средой, другим средством деятельности. Такое средство деятельности по признаку функционального назначения создаётся как *транспортное*.

Транспортным средством деятельности может быть поток многих (ранее созданных) составляющих его конструкций. В упорядоченный по величине, направлению поток среда организуется действием ранее созданных средств деятельности. Поток может создаваться в виде концентрированных пучков, струй, лучей, физических полей, частиц с вариантами

волновых процессов из предусмотренных для этого материальных образований. Функциональным назначением потока может предусматриваться перемещение среды, перенос усилия воздействия, сил инерции, тяжести, света, звука, тока электромагнитных и других сил, их сумм и комбинированных взаимодействий с целью воздействия на предназначенную для этого среду. Следует заметить, что рождение первичной силы также можно рассматривать как появление первичного потока фундаментального воздействия, образующего первичный вакуум, далее время–пространство, другие образования.

Если функциональным назначением предусмотрено объединение ***первого и второго*** путей преобразования материальной среды, то средство деятельности конструируется с учётом совокупного объединения свойств по этим путям взаимодействия со средой. Тогда средство деятельности по признаку функционального назначения одновременно является и ***транспортным и перерабатывающим.*** Уточнение признака функционального назначения средства деятельности приводит к рациональному созданию и использованию его в предусмотренных процессах.

Проследим признак функционального назначения в конструировании природой какого-либо средства деятельности микромира, например, молекулы.

Сформулируем основную функцию ***молекулы***, её важнейшую, наиболее ответственную задачу, для решения которой она создаётся природой. То есть её ***основное*** функциональное назначение (в отличие от ***уточнения*** функционального назначения). В молекуле удерживаются, связываются её составляющие средства деятельности, полученные извне силы. ***Молекула*** предназначена быть «кирпичиком», составляющим звеном других средств деятельности природы, конструкций в виде наименьшей частицы природного вещества, отличающегося основными химическими свойствами, способного к межмолекулярному взаимодействию с другими частицами вещества (атомами, ионами, молекулами) с целью создания физических тел, веществ в различных агрегатных состояниях и обладающих разнообразными свойствами (эффектами, явлениями). ***Уточняя*** признак функционального назначения, можно отметить, что конкретная молекула конструируется для создания конкретных твёрдых тел в виде кристаллов, органических или неорганических соединений, белков, конкретных вирусов и т. д. Продолжая уточнять функциональное назначение молекулы, можно отметить её другие конкретные функции. Например, что молекула является материальной средой для осуществления в ней пробегов, взаимодействий других, более мелких средств деятельности, конструкций, объектов природы: ядер атомов, элементарных частиц и т. д. К более общей формулировке приводит ***основная функция молекулы***: молекула предназначена для участия в процессах взаимодействия с химическими элементами, другими материальными частицами «домолекулярного» создания под влиянием всех видов полей, сил фундаментальных взаимодействий, а также с другими молекулами, атомами, веществами с целью создания предусмотренных природой веществ, процессов, их явлений, состояний, свойств.

Продолжим общую формулировку функционального назначения средств деятельности, конструкций микромира.

Атом. Основываясь на главной, наиболее ответственной функции, можно заметить, что атом является основной конструктивной единицей молекулы, кристаллической решётки вещества. Одновременно атом участвует в процессах взаимодействия с другими, более мелкими материальными частицами, полями и силами доатомного строения (создания). Отмечая *основную* созидательную функцию атома взаимодействовать с другими атомами и веществами с целью создания молекул, можно дать следующую общую формулировку его функционального назначения. Атом как средство деятельности природы предназначен для создания, образования наименьшей (устойчивой) части химического элемента, наименьшей конструктивной единицы (составляющего звена) материальной конструкции, способной: во-первых, воспринимать все виды фундаментальных взаимодействий с целью участия в процессах получения требуемых химических связей. Во-вторых, вступать в различные (в зависимости от функционального назначения) химические связи с целью образования различных химических элементов и их соединений, для процессов удержания их в равновесном состоянии, с целью создания новых химических связей.

Ядро атомное связывает силы предшествующих средств деятельности, конструкций, составляющих звеньев, процессов: захват, удержание, отдача. Ядро связывает предыдущие средства деятельности (творения природы) – электроны (от рассеяния в «расширяющемся» пространстве), образуя соединения – атомы. Ядро атомное предназначено для процессов образования (создания) наименьшего количества ядерной материи в равновесном состоянии, которое может быть использовано для последующего создания, например, ядерной материи нейтронных звёзд. Если атом рушить, освобождать связи и превращать в источник сил, использовать его составляющие для получения новых связей средств деятельности – это путь разрушения созданных природой конструкций. Маловероятно, что в ближайшие столетия удастся создать в большей степени равновесную конструкцию на основе ядра атомного, чем это уже создано природой. Целесообразнее использовать данную готовую конструкцию для новых связей. (Плохие конструкции сами ломаются, неудачные пробы природы –

вымирают). Учитывая «созидательную» функцию ядра атомного, вышеуказанную можно считать уточнением *общей* формулировки функционального назначения. Тогда *ядро атомное* предназначено для процессов преобразования, создания наименьшего количества ядерной материи путём связи протона, нейтрона, других частиц с целью создания конструкции атома посредством присоединения электронных оболочек, подоболочек, отдельных электронов, других частиц «доядерного» строения.

Протон связывает силы элементарных частиц (захват, передача, удержание, отдача) «допротонового» строения средств деятельности. Протон представляет собой основную конструктивную (базовую) единицу ядра атомного, предназначен для процессов создания конструкции ядра атомного путём связи с нейтронами, адронами, кварками, β-частицами, другими элементарными частицами.

Аналогично можно рассматривать другие, менее изученные средства деятельности природы, конструкции «допротонового» строения, можно дать им следующие общие формулировки их функционального назначения, которые с появлением новых знаний впоследствии могут быть уточнены.

Так, ***кварки*** конструктивно предназначены для процессов создания протона, нейтрона (захват-передача сил, связанных в составляющих звеньях – более мелких средств деятельности), других элементарных частиц с участием различных видов фундаментальных воздействий с целью создания протонов, адронов, ядра атомного, других материальных образований и частиц.

Глюоны конструктивно предназначены для процессов (захват-передача) создания кварков, преобразования их свойств, характеристик «цвета», «аромата» с целью создания различных вариантов (в соответствии с уточнением функционального назначения) кварков, других элементарных частиц при участии в основном сильного (и противовес – магнитного и электромагнитного, вероятно зарождающегося после создания кварков) фундаментального воздействия с квантами. Кварки связывают элементарные силы в средства деятельности (элементарные частицы), совершают процесс удержания сил, составляющих звеньев, калибровочных полей инстантона с участием промежуточных бозонов, других материальных и полуматериальных частиц.

Инстантон предназначен для процессов удержания сил, составляющих его средств деятельности, создания и аннигиляции квантов калибровочных полей, гравитонов, антигравитонов, промежуточных бозонов, других материальных частиц при участии гравитационного и слабого фундаментального воздействия (разрушающего, аннигилирующего гравитоны для удержания равновесия получаемых средств деятельности) путём захвата и передачи четырёхмерных импульсов пространства–времени с целью создания глюонов в поле вакуума.

Симметричное квантованное поле вакуума предназначено для удержания (в том числе полуимпульсами) пространственно-временного состояния вакуума и создания в нём топологических флуктуаций, гравитационных и суммарных калибровочных полей инстантона с целью создания четырёхмерных импульсов пространства–времени и распространения в нём четырёх видов фундаментальных воздействий (взаимодействий), сил, связываемых в элементы времени.

Вакуум предназначен для процессов создания и распространения в нём низшего энергетического состояния (для образования элементарных сил, квантов единичных количеств движения, единичных во времени импульсов сил аннигиляция–создание) симметричного квантованного поля (квантов количества воздействий, движений), не содержащего материальных частиц, путём восприятия направленного единого фундаментального воздействия (взаимодействия).

Единое фундаментальное воздействие предназначено для осуществления непрерывного процесса образования вакуума из бесконечно малой гипотетической точки (с целью поддержания в нём пространственно-временного состояния вакуума, единичной силы, связанной в первичный импульс, частицы времени, создания потока гравитонов-антигравитонов).

Конечно, при расширении знаний о материи, функциональное назначение средств деятельности будет уточняться. И будущим исследователям покажутся наивными сегодняшние достижения науки, но уже можно сделать вывод, что каждому средству деятельности природы отвечает свой признак функционального назначения, раскрывающий сущность создаваемого средства деятельности для осуществления процесса. Функциональное назначение может быть сформулировано и для клетки, белка, других более сложных средств деятельности природы при изучении, понимании их функций. Таким образом, каждое материальное образование природы является средством её деятельности и предназначено для осуществления предусмотренных природных процессов взаимодействия с частью материальной среды и другими средствами деятельности.

Предусмотренный для осуществления средством деятельности процесс является условием формулировки функционального назначения конструкции. Этот процесс, является замыкающим звеном, т. е. получается после создания средства деятельности и его звеньев при взаимодействии со средой, при его работе, совершении процесса (исполнении своего функционального назначения). С другой стороны, средство деятельности является исходным звеном, определяющим совокупность ряда от-

дельных взаимосвязанных процессов, назначаемых для использования в построении конструкции (нового средства деятельности). Иными словами, каждое средство деятельности содержит признак структурной единицы – процессоконструкции.

Приходим к выводу, что первым этапом создания средств деятельности (например, конструкции атома, молекул) является осознанная чёткая формулировка функционального назначения создаваемого средства деятельности, изучение и уяснение сущности процесса, для исполнения которого средство деятельности создаётся.

2.2.4. Исполнительные поверхности

Исполнять функциональное назначение средство деятельности может своими ***исполнительными поверхностями***, частями поверхностей, исполнительными поверхностями составляющих их звеньев. Исполнительные поверхности любого материального средства деятельности, с одной стороны, замыкают на себя предусмотренную часть среды воздействия, заключают на себя процесс, являясь его базами, барьерами, границами внутри (или «извне» для транспортного средства деятельности). То есть являются базами, отделяющими пространство, область действия процесса, в пределах которых он происходит (для транспортного средства деятельности – его от среды), при этом они является ***замыкающим звеном*** процесса. С другой стороны, исполнительные поверхности замыкают на себя само средство деятельности, являются ***исходным звеном*** для создания его конструкции.

Различают исполнительные поверхности двух видов (рис. 25).

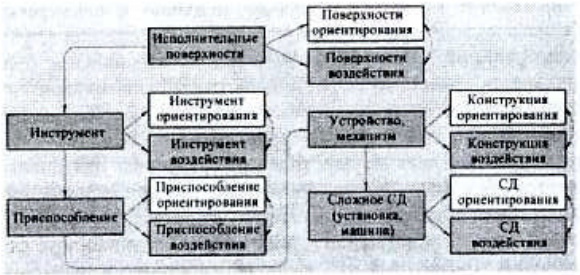


Рис. 25. Схема распространения признака функционального назначения поверхностей средств деятельности (СД)

Первый вид. Это поверхности, оси (потоков, струй, лучей и т. д.) или точки (соразмерно малые участки, например, остриё иглы, площадка узкосфокусированного луча и т. д.) ***воздействия***. При помощи их средство деятельности оказывает определенное ***воздействие*** на среду или часть предмета, осуществляя предусмотренный процесс.

Так, исполнительными поверхностями молекулы являются электронные оболочки связанных атомов или их групп, расположенные на расстояниях кулоновских радиусов и обеспечивающие захват, перенос или отдачу электронов.

При этом можно дать общее понятие ***инструмента*** (рис. 25). В зависимости от исполнения средством деятельности функционального назначения, например, ***молекулой***, или ею во взаимосвязи с другими средствами деятельности (молекулами, группой молекул, ионов, атомов) в процессе могут участвовать, например, у молекулы – группы атомов, части связанных групп, наружные слои молекул или их групп. В этом случае у молекулы можно выделить ***инструмент воздействия***.

В общем случае инструмент воздействия – это исполнительная поверхность и её база. В частном случае инструментом воздействия, например, молекулы, является совокупность материальных образований молекулы, имеющая: 1) ряд исполнительных поверхностей – внешних электронных оболочек; 2) группы атомов и слоёв молекулы, участвующие при воздействии; 3) базы исполнительных поверхностей – «нижних» слоёв молекулы, определяющих положение и удерживающих верхние группы и слои, участвующие при взаимодействии с объектом (средой) воздействия.

В конструкции ***атома*** роль исполнительных поверхностей ***воздействия*** выполняет наружная поверхность внешней электронной оболочки, захватывающая или испускающая электрон. В зависимости от исполняемого процесса атом может оказывать воздействие на поверхности других оболочек и подоболочек. Тогда в конструкции атома также можно выделить инструмент воздействия. По аналогии, он будет состоять: 1) из поверхности оболочки, оказывающейся при воздействии внешней; 2) других оболочек и подоболочек, участвующих при воздействии; 3) базы, кулоновского радиуса, определяющего положение низшей оболочки или подоболочки, непосредственно участвующей в процессе удержания оболочки воздействия (внутри которой находятся электроны).

В конструкции ***ядра атомного*** также предусмотрены исполнительные поверхности, которыми ядро атомное исполняет процесс создания атома. Это поверхность сфер атомных радиусов связанных нуклонов: металличе-

ских, ионных, ковалентных, ван-дер-ваальсовых. При взаимодействии ядер атомных друг с другом, с адронами, другими частицами «доядерного» строения, вызывающими ядерные реакции, исполнительными поверхностями ядра атомного являются поверхности сфер эффективных радиусов, образованных облаками виртуальных частиц нуклонов.

Аналогично можно выделить исполнительные поверхности *первого вида* и у других средств деятельности природы, например, у протона, клетки и т. д.

В зависимости от функционального назначения исполнительные поверхности ***первого вида*** могут выполнять не только функцию воздействия, но и функцию ***ориентирования*** средства деятельности относительно среды, например, по перемещению в одном из трёх направлений. В этом случае средство деятельности участвует в процессах лишь случайного характера. Для осуществления ***направленных процессов***, необходимо осуществлять ***ориентирование*** средства деятельности относительно среды, тогда исполнительные поверхности смогут выполнять воздействие целенаправленно. В связи с этим природой предусмотрена возможность их ориентирования.

Второй вид исполнительных поверхностей. Это ***поверхности ориентирования*** (их оси, точки) ***по положению и относительному повороту.*** Поверхности ориентирования предназначены для ориентирования положения поверхностей ***первого вида*** средства деятельности относительно предусмотренной части среды или самого средства деятельности в среде для осуществления ***направленного перемещения*** по повороту. С помощью поверхностей ***второго вида*** возможны направленные воздействия на среду поверхностями первого вида (или направленное перемещение по повороту).

У молекулы исполнительными поверхностями ***ориентирования*** по направленному перемещению являются поверхности внешних электронных оболочек, радиусов осцилляции, а по повороту – радиус-вектор дипольного момента. Ориентируя молекулу, исполнительные поверхности *второго вида* влияют на изменение длин валентных связей и величин валентных углов молекулярных соединений.

У групп связанных молекул, ионов, атомов исполнительными поверхностями ***второго вида*** по перемещению (не направленному, случайному направлению) являются пограничные слои атомов, а по повороту – плоскости направления действия домен, излучающих собственные электромагнитные волны.

У атома роль исполнительных поверхностей ***второго вида*** по перемещению и случайно выбранному направлению выполняет поверхность наружной электронной оболочки, по повороту – плоскость действия спин-орбитального магнитного момента электронов.

У ядра атомного – поверхность сфер атомных и эффективных радиусов для ориентирования по перемещению (в случайном направлении), и по повороту – плоскость действия векторов спин-орбитального магнитного момента нуклонов.

У элементарных частиц – плоскость действия их спин, векторов поляризации и другие характеристики («цвет», «аромат», смещения зарядов, зарядовые числа, квантованное состояние). Так же можно найти аналоги перемещения и поворота для любых материальных частиц.

Аналогично ***инструменту воздействия*** для исполнительных поверхностей первого вида можно выделить ***инструмент ориентирования*** по повороту для исполнительных поверхностей ***второго вида.*** В общем случае ***инструментом ориентирования*** (устройством) является исполнительная поверхность (ось, точка) второго вида в совокупности с несущей её средой и её базой. Инструмент ориентирования связывает исполнительные поверхности ориентирования с конструкцией (данным средством деятельности) и является её составляющим звеном.

Так, у молекулы инструментом ориентирования по повороту является электромагнитное устройство мультиплетности, суммирующее проекции спин-орбитальных векторов на ось молекулы.

У атома – механизм (приспособление) суммирования спин-орбитальных и спин-механических моментов электронов – мультиполь.

В распространённых конструкциях искусственных устройств, механизмах и машинах, созданных человеком, наиболее часто исполнительными поверхностями являются граничные слои твёрдых тел (слои атомов, молекул и их групп). Реже ими являются граничные слои поверхностей тел в различных вариантах агрегатных состояний: твёрдом, жидком, газообразном, плазмы. Если у природы в равной степени используются все средства деятельности, то у человека, преимущественно, – твёрдые тела, далее жидкие и газообразные.

Интересно отметить, что с расширением функционального назначения у средств деятельности, кроме исполнительных поверхностей ориентирования и воздействия, можно выделить не только инструмент, но и ***приспособление*** ориентирования и воздействия (см. рис. 25) и, далее, устройство, механизм, сложное средство деятельности ориентирования и воздействия.

2.2.5. Связи

Для удержания предусмотренного процесса (или устойчивого состояния средства деятельности) взаимодействия средства деятельности, например, со средой, и выполнения требуемого силового воздействия по преобразованию среды (или перемещения в ней) необходимы связи двустороннего ограничения (действия удержания). То есть связи, с одной стороны, воспринимающие, с другой – отдающие (передающие) усилия воздействия. При этом связи реализуются путём передачи, преобразования количеств и направлений квантованных импульсов (количеств единого воздействия) параметров состояния, ориентации, связанных в потоки, вещества, иные средства деятельности. Связи являются ***неудерживающими***, если они – составляющие самого процесса, подчинены его законам. Неудерживающие связи это свойство переноса дополнительных связей, квантованных состояний средств деятельности, среды. Количество несвязанных (дополнительных связей средств деятельности) квантованных состояний вакуума, оформленных в процесс их передачи: потоки, струи, поля и их аналоги представляют собой силу. Единичную силу (*i*-силу) в свою очередь можно рассматривать как сумму оформленных в единичное средство деятельности единичных направлений её составляющих.

Если связи ***удерживают*** процесс по требуемым параметрам, они являются замыкающими для процесса и исходными для создания средства деятельности из взаимосвязанных составляющих его элементов.

Границами связей являются исполнительные поверхности средства деятельности, воспринимающие или передающие силы ***двусторонних связей***, с одной стороны, от процесса (или от других элементарных *i*-носителей процесса своими исполнительными поверхностями), с другой – от средства деятельности (со стороны конструкции). Между исполнительными поверхностями, с одной стороны, осуществляется процесс преобразования части среды (либо процесс перемещения средства деятельности), с другой стороны – находится само средство деятельности, совершающее процесс и взаимодействующее своими исполнительными поверхностями со средой воздействия, осуществляя его в соответствии с функциональным назначением.

Связями являются силы взаимодействия в совокупности со средой (состоящей из многих аналогичных средств деятельности, слабо взаимосвязанных между собой, организованных в поток), передающей их. Среда (либо средство деятельности как частный случай её) является проводником количества движения (сумм направлений не аннигилированных флуктуаций, в общем случае – силы как суммы единичных *i*-х направлений количества квантованных состояний, организованных в заданных направлениях потоками *i*-х средств деятельности), вызываемого силами воздействия. В этом случае связь является ***двусторонней***.

Связь ***односторонняя***, если она только воспринимает воздействие, количество движения и преобразует внутри себя, меняя состояние (например, получает движение), свойства. Односторонняя связь, сохраняющая отклики реакций воздействия, «отпечатки», «следы» в виде изменённых свойств, эффектов, может выполнять роль «склада откликов» (в зависимости от функционального назначения), «памяти» воздействия и использоваться для процессов ориентирования средства деятельности. Для элементарных частиц средой могут быть средства деятельности макромира, совокупность полей гравитационных, электромагнитных, сильного и слабого взаимодействий, квантованных полей. А сама элементарная частица – это накопитель ранее полученных воздействий до её соединения с другой.

Односторонняя связь может не сохранять отклики реакций воздействия – это ***накопитель*** (преобразователь движения) воздействий. Например, падающие на солнце тела малых размеров участвуют в реакциях, в которых нет откликов реакций воздействия связей, «памяти откликов».

Связь – направленное, оформленное, охваченное конструкцией количество движений, квантуемых состояний. Образно можно сравнить движение единичных *i*-импульсов, «бегущих» по конструкциям (средствам деятельности материального мира) от микро- до мегамира, от элементарных частиц до сложных средств деятельности, с токами электронов, «бегущих» по проводам, обеспечивающих появление сил воздействия, токами векторными и аксиально-векторными, лептонными и адронными, заряженными и нейтральными, «странными» и «нестранными» гравитино-гравитонными (вакуумными) и пространственно-временными (фундаментальными), потоками сил слабых воздействий и т. д.

У ***молекулы*** связями являются химические связи, обусловливающие процесс соединения атомов в молекулу, молекул друг с другом. Связи химические у молекулы имеют в основном природу электромагнитного взаимодействия и сопровождаются перестройкой электронных оболочек, связывающих и обобщающих атомы по типам связи: ковалентной, ионной, металлической, смешанной.

У ***атома*** для удержания исполнительных поверхностей в конструкцию введены связи электромагнитных взаимодействий электронов, расположенных на эффективных, орбитальных радиусах электронных оболочек,

подоболочек (электроны охватывают, обобществляют атом в средство деятельности орбитами).

У ***ядра атомного*** исполнительные поверхности удерживаются (приводятся в равновесное состояние) ядерными силами взаимодействия: центральными, спиновыми, спин-орбитальными, связывающими в пределах радиуса ядра протоны и нейтроны, нуклоны и адроны посредством сильных фундаментальных взаимодействий.

Элементы, составляющие средство деятельности, являются её ***связями***. Конструкция тогда совершенна и в полной мере отвечает своему функциональному назначению, когда совершенны её связи, обеспечивающие устойчивое состояние. Конструирование средства деятельности сводится к конструктивному оформлению связей, одно или двусторонних проводников количества движения.

Исполнительные поверхности у средств деятельности также являются связями, отличаясь наименьшими пространственными размерами в направлении воздействия, это кратчайшие связи, кратчайшее расстояния передачи усилия воздействия от средства деятельности, его граничное состояние. У твёрдого вещества, материала они представляют собой пограничный слой молекул, у молекул – слой атомов и т. д. Слой, являясь средой, воспринимает и передаёт усилие воздействия, количество движения для осуществления процесса.

Следует заметить, что взаимосвязаны не только средства деятельности и их составляющие, но и процессы. Каждый процесс состоит из взаимосвязанных других процессов, более простых и элементарных в сравнении с итоговым, является совокупностью отдельных связей.

Связи, отвечающие разумным формулировкам функционального назначения, – связи созидания. Например, логика поведения, логика отношений может быть не отвечающей функциональному назначению, запутанной – она приведёт к направлениям создания несозидательных связей, к ложным путям, прекращению рациональных процессов созидания.

Создание новых связей (а человечество интересуют созидательные) появляется при расширении и уточнении функционального назначения средств деятельности (или процессов). В отдельные связи могут быть выделены как исполнительные поверхности, так и инструмент, приспособления, устройства воздействия и ориентирования и т. д.

Устройство воздействия как связь появляется в конструкции между исполнительными поверхностями воздействия (может включать в себя инструмент) и базами, определяющими его положение. При этом служебным назначением предусматривается систематическая, либо дискретная, непрерывная, направленная смена инструмента (инструментов) воздействия, его (их) дискретное или непрерывное отделение. Например, излучение квантов лазерного луча, потока газа при резке металла, смена металлорежущего инструмента модуля гибкой производственной системы (смена рабочего инструмента), отделение пуль от пистолета (инструмент поражения отделяется от устройства), хвоста у ящерицы (отделяется инструмент защиты) и т. д.

Устройство воздействия содержит в себе связи между исполнительными поверхностями первого вида, его базами и инструментом воздействия (включая его), несущей средой и базой, определяющей положение устройства воздействия (инструмента). Устройство воздействия, являясь в свою очередь одним из звеньев связи средства деятельности, получает усилие воздействия, количество движения (от средства деятельности) и передаёт его через инструмент воздействия к среде воздействия. В зависимости от требований функционального назначения эта связь может быть выделена в отдельное средство деятельности, тогда вспомогательные базы, определяющие положение устройства воздействия, становятся его исполнительными поверхностями.

Устройство ориентирования как связь появляется в конструкции между исполнительными поверхностями ориентирования, включая приспособление ориентирования, оно также связывается со средой воздействия (или другими средствами деятельности) и с составляющими звеньями данной конструкции для ориентирования исполнительных поверхностей воздействия. Появление устройства ориентирования обусловлено более полным уточнением и уяснением функционального назначения. Например, появлением в признаке функционального назначения целенаправленного воздействия на среду.

Для этого необходима ***информация*** по изменению положения, состояния среды, её свойств, параметров процессов, эффектов воздействия, состояния звеньев самого средства деятельности.

Следует заметить, что сами по себе процессы, средства деятельности, события – не информация, но они информативны, отражают или излучают варианты («осколки») количеств движения, воздействий от основного процесса, определённого функциональным назначением. Последние можно преобразовать в ***фиксированные отклики реакций воздействия***. То есть создать новые составляющие звенья устройства ориентирования: 1) от среды до поверхности ориентирования (среды приёма); 2) от поверхности ориентирования до звена воздействия для ориентации самого средства деятельности (перерабатывающего информацию, фиксированные отклики).

Устройство ориентирования как связь состоит из ряда других связей (составляющих звеньев, создающих в совокупности данное устройство). В его состав входят связи между 1) средой воздействия и средой приёма до исполнительных поверхностей ориентирования среды (они не конструируются, уже есть) и 2) механизмом, воспринимающим их, датчиками, связями самой конструкции. Такие связи являются ***информационными связями***. Они дают информацию о среде воздействия и её изменении. Информационные связи разнообразны, различного масштабного уровня («осколки», потоки частиц от процессов, усилий воздействия), это ***отклики*** о среде воздействия и их можно превратить в информацию, зафиксировать отличительные признаки (чьи это «осколки», отклики выполненных реакций воздействия). ***Информационные связи*** передают информацию от среды воздействия к среде приёма. Исполнительные поверхности ориентирования – накопители односторонней связи.

Информация – это фиксированные отклики реакций процессов воздействия (их побочные отклики).

Информация может остаться невостребованной и храниться в среде приёма, к которой она принадлежит, в которой произошло фиксирование, сохранение отклика реакции в виде изменения состояния, положения, свойств, параметров части среды приёма от воздействия на неё отклика реакции.

Повторение отклика реакции – следствие, по которому можно судить о повторении процесса. Следовательно, отклики реакций (их повторения, взаимосвязи) можно использовать для проектирования процессов (их повторений, взаимосвязей). Постановка задач процессов, принятие решений о совершении процессов зависит от переработки информации. ***Информация всегда неверна абсолютно***, а верна в рамках процесса, дающего те или иные отклики реакций воздействия. Реальность информации сравнима с реальностью математики – «абсолютно» неточной науки, точность которой в пределах ограничений, отражающих реальный процесс.

Невостребованная информация может храниться в среде приёма без искажения до изменения или разрушения исполнительной поверхности приёма, зафиксированного отклика реакции («следа», «отпечатка» воздействия) за счёт свойств среды приёма или внешних факторов воздействия.

Составляющими звеньями информационных связей являются различного рода датчики и проводники количества движения. Датчики преобразуют воспринятое ими воздействие, вариант совокупного количества движения от процесса, средства деятельности, среды воздействия и осуществляют его передачу к среде приёма (устройство ориентирования), фиксирующей отклик реакции.

Для использования информации в средство деятельности могут вводиться другие связи. Например, ***устройство ориентирования***, содержащее связи между фиксированным откликом реакции (связью устройства ориентирования) и устройством обработки информации; устройство выдачи сигналов; устройство управления средством деятельности. Устройство обработки информации с целью упрощения действий обработки операций может иметь связи с источниками обработанной ранее аналогичной информации, чтобы получать готовые информационные связи в виде «логических взаимосвязей», «программ». Для использования сигналов управления в устройство ориентирования вводятся связи в виде механизма коррекции исполнительной поверхности ориентирования. Или иные связи: носитель информации, устройство считывания, устройство ориентирования по отбору информации и т. д. Сознание человека также можно рассматривать как вариант сложного устройства накопления, считывания, обобщения, оценки и выбора информации для управления деятельностью.

В конструкциях окружающих нас веществ, кристаллов, твёрдых, жидких тел, газов, клеток и так далее, заложены связи, удерживаемые в основном силами электромагнитных фундаментальных взаимодействий. Реже – силами гравитационных, сильных и слабых взаимодействий. Поэтому при конструировании искусственных средств деятельности человек закладывает в конструкцию связи на основе электромагнитных, реже гравитационных (опосредуемых через электромагнитные) взаимодействий. В отдельных лишь случаях – сильных и слабых, например, при конструировании камер Вильсона, пузырьковых, искровых, ускорителей частиц, ядерных реакторов оставляют поле деятельности для создания конструкций будущего. Существование же фиксированных откликов реакций возможно не только на основе электромагнитных фундаментальных взаимодействий, но и гравитационных, сильных и слабых, дающих другие варианты построения устройств обработки информации, устройств ориентирования естественных и искусственных средств деятельности и процессов будущего.

2.2.6. Преобразователи

Проследим, крайне упрощённо, реакцию единого фундаментального воздействия (взаимодействия), исходя из известных физических представлений. Исследователи будущего, обладая новыми научными знаниями, естественно, будут считать наивными приведённые рассуждения, однако маловероятно, что ими будет отвергнута логика наших рассуждений в отношении звеньев-преобразователей средств деятельности.

Единое фундаментальное взаимодействие проявило себя во взаимодействии с «гипотетической точкой» (созданной ранее). Между единым фундаментальным воздействием и «гипотетической точкой» появилась связь («первоконструкция», «первое» средство деятельности). Отсутствие связи, реакции со стороны гипотетической точки, не могло бы вызвать обратного взаимодействия, т. е. единое фундаментальное воздействие не проявило бы себя ничем, и не осуществилось бы исходного процесса. Гипотетическая точка не получила бы никогда и никакого воздействия, не было бы и её реакции на воздействие, не образовалось бы никакого взаимодействия.

Наличие непрекращающегося (дискретного, непрерывно действующего) фундаментального взаимодействия (как первого, начального средства деятельности природы для образования вакуума) в совокупности с механизмом связи и гипотетической точкой является средством деятельности, функционально исполняющим непрекращающуюся реакцию образования вакуума. Прекращение воздействия, естественно, прекратит (прекратило бы) реакцию. Наличие непрерывного воздействия поддерживало и поддерживает реакцию, увеличивает количество вакуума через механизм его образования. Вакуум как вновь созданное средство деятельности природы, накапливаясь, «уплотняясь» (связыванием, соединением своих составляющих), даёт новую реакцию в виде изменения своих свойств, состояний, появления в нём низшего, равномерно распространяющегося энергетического состояния. Часть элементарных *i*-воздействий, количество движения, не вступившего в реакции связей, расходуется на выделение в виде отдельных конструкций, на изменение свойств вакуума. Вследствие этих изменений в нём образовалось низшее энергетическое состояние. Реакцией на распространение в вакууме низшего равномерно распространяющегося изменённого энергетического состояния явилось появление в нём части вакуума, связанного симметричным квантованным полем (новым средством деятельности природы).

Получив новое состояние и откликаясь на воздействие продолжающегося распространения низшего энергетического состояния и действие связей дискретного симметричного многократно «вспыхивающего» и «угасающего» аннигилирующего квантованного поля, вакуум даёт реакцию в виде образования в нём новых средств деятельности. Это топологические флуктуации, гравитационные и суммарные калибровочные поля, образованные в результате воздействия встречных потоков аннигиляции вакуума (встречный «уход» в гипотетическую точку) и его нового образования. Между встречными потоками возникают дополнительные взаимодействия, появляются новые взаимосвязи (в том числе «отклики» реакций воз-

действия), в соответствии с законами передачи количества движения элементарных *i*-импульсов, сохранения количества единичных воздействий элементарных «движений» (квантованных состояний, ранее созданных флуктуаций), энергии, симметрии, энтропии, неопределённости сообщений. Накопление реакций, свойств и состояний связываются в инстантон вакуума и вызывают появление новых связей и реакций в виде образования потенциальных барьеров, ям, четырёхмерных импульсов пространства-времени, четырёх видов производных фундаментальных взаимодействий, захватывающих и передающих не аннигилированные импульсы.

Накапливаясь и взаимодействуя между собой, откликаясь на реакции инстантона (появившиеся от квантованных состояний целых, больших кодичеств) квантованных полей, импульсы образуют полуматериальные частицы без масс, носители зарядов и импульсов квантованных полей (с полумассами, полузарядами, полуспинами). Образуются промежуточные бозоны, виртуальные и другие частицы, аннигилирующие или вступающие во взаимосвязи между собой, калибровочными полями, создавая их соединения в виде глюонов, глюонных полей, других частиц и образований с реакциями и связями сильных и других взаимодействий.

Глюоны и глюонные поля как новые средства деятельности, ***преобразователи воздействий***, создаются посредством связей из предшествующих, созданных ранее конструкций (составляющих связей), получая новые варианты взаимодействий, взаимосвязей между собой. Они захватывают и ориентируют, организуют в различных вариантах всё новые четырёхмерные импульсы, бозоны, другие частицы, создавая новые варианты их суммирования, вызывая реакции взаимодействия, аннигиляции, соединения в новые средства деятельности.

Различные материальные средства деятельности природы, получая воздействие, совершают работу по преобразованию его. Средства деятельности либо полностью принимают полученное количество движения и преобразуют его на изменение своего состояния, свойств, либо передают оставшуюся часть в виде реакции воздействия к другим средствам деятельности для дальнейшего преобразования, получения новых реакций, связей в новых вариантах. Следует заметить, что часть количества движений, не вступивших в связи, выделяется обратно в среду воздействия.

Проследим функциональное назначение преобразователей воздействий. В конструкции ядра атомного предусмотрен механизм преобразования энергии (совершения работы ядра атомного по преобразованию полученных воздействий) на основе сильного фундаментального взаимодействия протонов, нейтронов, адронов, других элементарных частиц «доядерного» создания.

В конструкции ***атома*** предусмотрен механизм преобразования энергии атома в виде скачкообразного квантового перехода с поглощением или излучением энергии в виде фотонов, фононов, других частиц «доатомного» создания. В свободном состоянии атом только поглощает фотоны для поддержания внутриатомных процессов и сохранения внутриатомной энергии связи на время существования. В безызлучательных квантовых переходах возможно выделение из атома фононов, других элементарных частиц, носителей тепла, элементарных воздействий, не вступивших в связи атома при совершении работы по преобразованию.

В конструкцию ***молекулы*** заложен механизм преобразования энергии химических связей, внутренней энергии молекулы, равной сумме получаемых воздействий элементарных движений, импульсов, состояний конструкции, в том числе воздействий средств деятельности «домолекулярного» создания. Эта энергия составляет потребляемую энергию молекулы в основном как сумму квантуемых электронных движений, колебаний атомов, вращений молекулы. Преобразователь внутренней энергии молекулы содержит механизм потребления и выделения теплоты, затраченной на поглощение или испускание фононов, обеспечивающих безызлучательные квантовые переходы. Происходит потребление молекулой необходимых связей для поддержания её равновесного состояния как средства деятельности и выделение «ненужных», излишних для конструкции связей. Внутренняя энергия преобразования молекулы меньше суммарной энергии атомов, входящих в неё, на энергию атомизации для образования молекулы и равна приближённо сумме энергий химических связей.

В конструкцию ***клетки*** введены более сложные преобразователи. Они содержат механизм питания клетки, потребления предусмотренных воздействий, обеспечивающих реакции внутренних и внешних связей. Кроме того, преобразователи содержат механизм выделения из клетки части энергии в виде невостребованных связей, не вступивших в реакции. Аналогичные механизмы питания, выделения содержат вирусы, бактерии, другие более сложные средства деятельности природы.

После создания природой материальных частиц, глюонов, из них кварков и их соединений, фононов, фотонов, электронов и т. д., средства деятельности обладают массой и получили название «материальных», состоящих в свою очередь из совокупности различных вариантов связей ***предшествующих*** средств деятельности и ***созданных ранее***. При этом базовыми в них являются предшествующие, а созданные ранее участвуют в вариативности состояний, свойств последующих конструкций средств деятельности и являются менее ответственными составляющими звеньями, в зависимости от уточнения и дополнений функционального назначения основной конструкции.

Воздействие, получаемое конструкцией, передаётся составляющим его звеньям и преобразуется, вызывая их реакции.

Если дискретное или непрерывное воздействие, продолжая поступать к средству деятельности, расходуется на внутренние реакции, вызывая изменение свойств, состояний, то такое средство деятельности как преобразователь воздействия является ***накопителем*** количества движений, энергии, элементарных *i*-воздействий.

В соответствии с функциональным назначением средство деятельности, получая воздействие, количество движений, может малую часть его затрачивать на передачу между составляющими звеньями, а основную, преобразуя по заранее предусмотренным параметрам, направлению, характеру действия, передавать другому средству деятельности, среде приёма. Такое средство деятельности как преобразователь воздействия является ***проводником*** количества движения, энергии, например, им является обыкновенный рычаг, датчик, электродвигатель и т. д.

Если средство деятельности, приняв воздействие, затрачивает полученное количество движения на освобождение от внутренних связей, потенциальных барьеров и т. д. и начинает самостоятельно выделять количество движений составляющих его отдельных конструкций, сред, потоков, полей, то такое средство деятельности как преобразователь воздействия является ***источником*** накопленных ранее воздействий, количества движения, энергии. Такими средствами деятельности являются источники питания.

Каждое средство деятельности как преобразователь содержит в себе в большей или меньшей мере одновременно свойства ***и накопителя, и проводника, и источника*** количества движения, воздействия, энергии. Например, у преобразователей-накопителей возникают дополнительные внешние связи, откликающиеся на изменения свойств, состояний, на которые расходуется незначительная часть количества движения. Рациональное сочетание свойств преобразователя приводит к созданию средства деятельности, в большей степени отвечающему своему функциональному назначению, к совершенству конструкций. Новые средства деятельности преобразуют воздействия, варианты количества движений, формы энергии во всё новые, более сложные формы, упорядоченные устройствами их ориентации. Такую тенденцию снижения энтропии может поддерживать разумная деятельность человечества при создании «второй природы».

2.2.7. Схема формирования структурно-функциональной единицы связи (процессоконструкции)

Проведённый анализ формирования требуемого качества искусственных и природных конструкций подтверждает наличие следующих простых исходных признаков: ***А) функционального назначения; Б) исполнительных поверхностей; В) связи; Г) преобразователя.***

Вероятнее всего, их может быть и больше. Однако уже выявленные всеобщие признаки показывают, что их уяснение значительно облегчает формирование у исследователя научного мировоззрения и упрощает подход к осознанию строения мира. Кроме того, проблемы предъявления требований к качеству любого средства деятельности по двум видам связей (размеру и относительному повороту) могут сводиться к решению прямой задачи установления допускаемых ограничений на составляющие их звенья.

Признак А. Известен в машиностроении, им обладает любое средство деятельности как искусственно созданное, так и созданное природой в макро- и микромире. Сводится к участию конструкции в тех или иных процессах. Исходным звеном конструкции является требуемый процесс, на который она замыкается исполнительными поверхностями. Как и наоборот, любой процесс совершается под воздействием исполнительных поверхностей того или иного средства деятельности (звеньев конструкции) или их совокупностей.

Признак Б. Исполнительные поверхности (их оси, точки) выполняют функции двух видов: воздействия и ориентирования. В общем случае исполнительная поверхность воздействия и несущая её среда являются инструментом воздействия. Так, можно выделить резец с режущей кромкой. В конструкции атома роль исполнительной поверхности воздействия выполняет наружная поверхность внешней электронной оболочки, захватывающая или испускающая электрон и т. д. Второй вид исполнительных поверхностей ориентирует положение поверхностей первого вида. Для деталей редуктора или станка это основные базы. У атома роль исполнительной поверхности второго вида по перемещению выполняет поверхность наружной электронной оболочки, по повороту – плоскость действия спин-орбитального магнитного момента электронов и т. д.

Признак В. Для удержания предусмотренного процесса взаимодействия средства деятельности со средой и выполнения требуемого силового воздействия предусматриваются *связи* двустороннего ограничения. С одной стороны, воспринимающие, с другой – передающие усилие воздействия, поток количества движения, состояния, ориентации. Связи, удерживающие процесс, являются для него замыкающими, для создания средства деятельности – исходными. Границами связей являются исполнительные поверхности. Связь может быть односторонней, если воспринимает воздействие, количество движения и преобразует внутри себя, меняя состояние, свойства. Она может выполнять роль «склада» откликов воздействий в виде изменённых свойств, эффектов и использоваться для процессов ориентирования, «памяти». У станка связями являются его сборочные единицы, детали; у молекулы – это химические связи, обусловливающие соединение атомов в молекулу и т. д. Конструирование сводится к конструктивному оформлению видов связей, одно или двусторонних проводников количества движения. В отдельные связи можно выделить ***устройство воздействия, ориентирования, информационные связи. Информация это фиксированные отклики реакций воздействия односторонних связей.***

Признак Г. Средства деятельности – преобразователи. Полученное воздействие, количество движения преобразуется, тратится на изменение состояния, свойств. Такая конструкция – ***накопитель*** количества движения, энергии. Если конструкция обладает устойчивостью, то воздействие отражается, передаётся другим средствам деятельности. Это преобразователь – ***проводник***. Например, рычаг, датчик. Если конструкция, получив воздействие, освобождает внутренние связи и выделяет количество движения составляющих звеньев, это – преобразователь – ***источник.***

Последовательность оформления конструкции в структурно-функциональную единицу связи приведена на рис. 26.

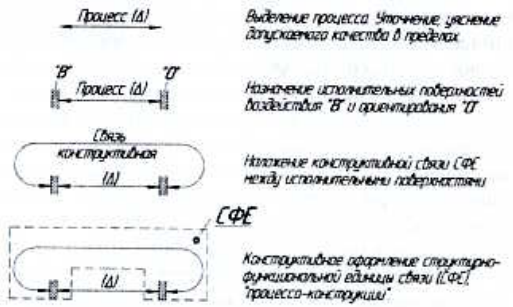


Рис. 26. Схема конструктивного оформления структурно-функциональной единицы связи

Предполагается также, что физический смысл гамильтониана может быть интерпретирован в обобщённых координатах q_i и импульсах pi как передача суммы элементарных воздействий T и квантованных состояний вакуума $\pm П$ структурно-функциональных единиц связей:

$$H(q_i p_i) = T \pm П.$$

Таким образом, материя, материал, вещь, материальное образование, конструкция, средство деятельности имеют ряд всеобщих признаков, законов их построения.

Рассмотрено четыре всеобщих признака, совокупный учёт которых может позволить значительное упрощение понимания не только структуры материи, вещи, но и процессов, осуществляемых ими.

2.3. Общие сведения о минералах, минеральном сырье

2.3.1. Минералы

Благодаря фундаментальным исследованиям и практическим разработкам, все металлы Периодической системы элементов стали индустриальными (еще в начале 60-х годов XX в. их было девять). Получение элементов или сплавов на их основе начинается с физико-химической (металлургической) переработки минерального (рудного) сырья.

Металлургия (от греч. Metallurgeo – добываю руду, обрабатываю металл) – раздел материаловедения, охватывающий процессы получения металлов, изменения их химического состава, структуры и свойств, придания материалу определенной формы. К металлургии относятся процессы обработки руд с целью подготовки к извлечению металлов (дробление, обогащение, окусковывание и др.), процессы извлечения металлов из руд и других материалов; очистка металлов от нежелательных примесей; производство металлов и сплавов; термическая, химико-термическая и термомеханическая, электрическая обработка; обработка давлением и литьем; поверхностное покрытие материалов или диффузионное внедрение и т. д. Различают пирометаллургию и гидрометаллургию.

Как уже было сказано, существует точка зрения, что задача материаловедов только разрабатывать сплавы на основе полученных от металлургов металлов и соединений. Еще более незавидную задачу перед материаловедами ставит общепризнанное определение науки «Материаловедение» (металловедение) – это изучение взаимосвязи «состав–структура–свойства материалов» при различного рода воздействиях на них, а для чего это нужно – неизвестно. Современный материаловед должен интересоваться всей технологической цепочкой переработки минерального сырья, начиная от руды и кончая «металлической конструкцией», ведь металлургия – раздел материаловедения [104].

Минеральное сырье, как известно, является основой для получения минералов и сплавов, но и во многих случаях само является прекрасным материалом и то, что естественные материалы не попали в сферу деятельности материаловедения – неправильно. Природа создала ряд уникальных материалов, изучение физико-химических свойств которых позволяет в производственных условиях создавать не только подобные материалы, но и материалы с более высоким уровнем свойств (например, с большей твёрдостью, чем у алмаза), которые уже используются в инструментальной промышленности, электронике и других областях техники.

Минерал – естественное образование природных веществ кристаллической структуры, представляющих собой совокупность правильно расположенных атомов, образующих закономерную структуру, возникшую самопроизвольно из окружающей его неупорядоченной, хаотической среды.

Земля окаймлена тремя оболочками: атмосферой, гидросферой и литосферой. Литосферу также называют земной корой – это твёрдая внешняя оболочка Земли толщиной до 70 км в горных областях, около 30 км под равнинами, 10 км над океанами. Верхняя часть земной коры – осадочный слой (состоит из осадочных пород); средний – гранитный слой, нижняя часть – базальтовый слой. Состав земной коры представлен на рис. 27.

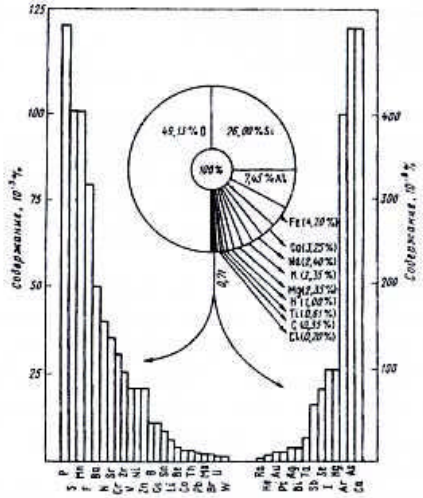


Рис. 27. Распространённость элементов Периодической таблицы Менделеева в земной коре по Виноградову [105]

В.И. Вернадским предложено производить распределение всех химических элементов по декадам (табл. 4).

Таблица 4

Распределение химических элементов в земной коре по декадам В.И. Вернадского (оболочка Земли 16 км)

Декада	Содержание, %	Элементы
I	10–50	O, Si
II	1–10	Al, Fe, Ca, Na, K, Mg
III	$1–10^{-1}$	Ti, Mn
IV	$10^{-1}–10^{-2}$	P, S, Ba, Cl, Sr, Rb, F, Zr, V, Cu, N
V	$10^{-2}–10^{-3}$	Ni, Li, Zn, Ce, Sn, Co, Y, Nd, La, Pb, Ga, Nb, Cd
VI	$10^{-3}–10^{-4}$	Th, Cs, Pz, Sm, Ge, Be, Sc, As, Dy, Er, Te, Mo, Hf, B, Ta, Br, Mo, Eu, W, Lu, U, Yb
VII	$10^{-4}–10^{-5}$	Tu, Se, Cd, Sb, J, Bi, Ag, Jn
VIII	$10^{-5}–10^{-6}$	Hg, Os, Pd, Tc
IX	$10^{-6}–10^{-7}$	Ru, Pt, Au, Ph, Re
X	Менее 10^{-9}	Ac, Ra, Pa, Po

По содержанию элементов в земной коре они резко различаются, некоторые до десяти порядков. На сегодняшний день одной из стратегических задач материаловедения является создание материалов из наиболее распространенных в земной коре элементов (особенно Si, Al, Fe, Ti) и разработка новых подходов к использованию в составе материалов элементов III–X декад.

Важнейшие минералы, входящие в состав природного сырья, используемые в хозяйственной деятельности [79], представлены в табл. 5.

Минералы имеют определенные физические свойства и химический состав, залегают на поверхности и глубинах Земли и служат предметом добычи полезных ископаемых. Они представляют собой однородные по составу и размеру (от 10^{-4} мм до нескольких метров) кристаллы, а могут быть и в виде зерен неправильной формы.

Некоторые исследователи относят к минералам и искусственно полученные кристаллы, но большинство учёных придерживается мнения, что минерал – это кристаллы естественного происхождения.

Таблица 5

Важнейшие минералы, входящие в состав природного сырья, используемые в хозяйственной деятельности [79]

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	*T*, °C	Применение
Азурит	$2CuCO_3$-$Cu(OH)_2$; CuO: 65,9; CO_2: 25,5; H_2O:5,2	3,8–3,9	3,5–4,0	220	Используют для выплавки меди, изготовления синей краски. Хрупкий
Алмаз	Самородный неметалл, полимерная модификация углерода	3,0–3,5	10	850	Изготовление режущих, буровых инструментов, абразивного материала. Ювелирное дело. Сгорает на воздухе при 850 °С
Анатаз	TiO_2; Ti: 60,0; O: 40,0	3,82–3,95	5,0–5,5	895–935	Для получения ферротитана, при выплавке стали спец. сортов, изготовления титановых белил, в ювелирном деле. Хрупкий
Ангидрит	$CaSO_4$, CaO: 41,2 SO_3:58,8	2,98	3,0–3,5	1400–1450	Используется при производстве цемента и всевозможных поделок. Хрупкий
Андалузит	Al_2O_3-SiO_2. Al_2O_3: 62,8; SiO_2: 37,2	3,1–3,2	7,0–7,5	1530	В производстве кислостойких материалов, силумина, огнеупорных материалов, поделочный камень

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Антимонит	Sb_2S_3. Sb: 71,4; S: 28,6	4,63	2,25	546	При производстве сурьмы, солнечных батарей, туннельных диодов, триодов, для ЭВМ, систем связи, устройств управления реакторами, телефонной и акустической аппаратуры
Агат	SiO_2	2,6	6,5		В точном приборостроении (теодолиты, нивелиры, призмы) как полудрагоценный камень
Апатит	$Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$ CaO: 55,5; . P_2O_5: 41,3 F-3,7	3,1–3,45	5,0		Получение фосфора, удобрений, керамики, стекла. Чёрная, цветная металлургия. Хрупкий
Базальт	SiO_2: 49,1; TiO_2: 1,4; Al_2O_3-15,7; Fe_2O_3-5,1; FeO-6,4; MgO-6,2	2,77–2,97		1250	Строительный материал, получение базальтовой ваты и волокна для фильтровального и изоляционного материалов, изготовление композитов
Барит	$BaS0_4$. BaO: 65,7; SO_3: 34,3	4,3–4,7	3,0–3,5	1580	Для производства высокопреломляющих стекол, фотобумаги, в резиновой, бумажной промышленности, для цветных красок и эмалей. Хрупкий
Бораты, (гура, др.)	$(n)B_2O_3\cdot(m)H_2O$. Na_2O: 16,3; B_2O_3: 36,5; H_2O: 47,2	1,71	2,0–2,5	75,5	Природные бораты – сырьё для получения борной кислоты, элементарного бора для получения металлокерамики, эмалей и глазурей. Хрупкие

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Борацит	$5MgO\text{-}MgCl_2\text{-}7B_2O_3$. MgO: 25,7; MgCl: 12,2; B_2O_3: 62,2	2,9–2,97	7,0–7,5	265	Используют для буры и борной кислоты
Бромеллит	BeO. BeO-98,0; MgO: 0,07; CaO: 1,0; BaO: 0,5	3,02	6,75–7,50	2550	В микроэлектронике, атомной технике, керамические покрытия топливных единиц ядерного горючего, спецкерамика
Брукит	TiO_2. Ti: 59,9; O: 40,0	3,8–4,1	5,5–6,0	1560	Для получения ферротитана, титановых сплавов. Хрупкий
Берилл	$3BeO\text{-}Al_2O_3\text{-}6SiO_2$. BeO: 14; $A1_2O_3$: 19; SiO_2: 67,1	2,67–2,80	5,0–8,0	1410–1480	Для получения бериллия, в мазерах и генераторах. Изумруд и аквамарин – драгоценные камни первого класса. Хрупкий
Ванадинит	$Pb_5(VO_3)Cl$. PbO: 75,5; Cl: 2,5; V_2O_5: 18,0	6,8	2,7–3	1920	Для получения свинца и ванадия
Виллемит	$Zn_2[SiO_2]$ ZnO. ZnO: 73,0; SiO_2: 27,0	3,89–4,18	5,0–6,0	960	Для изготовления флюоресцирующих экранов, люминаторов, получения металлического цинка
Вимутин	Bi_2S_3. Bi: 81,3; S: 18,7	6,78	2	400–500	Для получения висмута
Волластонит	$Ca_3[Si_3O_9]$. CaO: 48,3; SiO_2: 51,7; FeO до 9,0	2,78–2,92	4,5–5,0		Для высокочастотной радиокерамики, минеральной ваты, фильтров

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Вольфрамит	(Fe, Mn) WO_4. FeO: 2,2; MnO: до 17; WO_4: 75,0	7,1–7,5	5,0–5,5		Для получения вольфрама. Хрупкий
Галенит	PbS. Pb: 86,6; S: 13,4	7,58	2,5–3,0	1114	Добыча свинца, получение белил, красок. Хрупкий
Галит	NaCl. Na: 39,4 Cl: 60,7	2,17	2,0–2,5	801	Производство соды, хлора, HCl, натрия, едкого натра. Входит в состав флюсов очистки Al, др. металлов, оптических приборы. Хрупкий
Гематит	Fe_2O_3. Fe: 69,9; O: 30,1	4,9–5,3	5,0–6,5	1400–1565	Получения железа, минеральных красок. Хрупкий
Гринокит	CdS. Cd: 77,8; S-22,2	4,9–5,0	3,0–3,5	1750	Для получения Cd. Хрупкий
Гюбнерит	$MnWO_4$. MnO: 23,4; WO_3: 76,6	7,12	4,0–4,5		Для получения W, Mn. Хрупкий
Датолит	CaBSiO4(OH). CaO: 35; B_2O_3: 21,8; SiO_2: 37,6; H_2O: 5,6	2,9–3,0	5,0–5,5		Для получения бора, борной кислоты
Динас	SiO_2. SiO2: 94,5; Al2O3: 2,0; Fe2O3: 2,0	2,3–2,5		1690–1730	Динасовые огнеупоры, мартеновские, коксовые, стекловаренные печи. Огнеупорность

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Доломит	$CaMg[CO_3]_2$. CaO: 30,4; MgO: 21,7; CO_2: 47,9	2,85	3,5–4,0	700–950	Огнеупорный материал, флюс в металлургии. Диссоциирует
Дунит	SiO_2: (40-42) MgO-(45-48). Fe_2O_3: 1,0-3,0; FeO: 5,0; Al_2O_3 до 1,0	3,25–3,3		1550–1750	Применяют в производстве основных огнеупорных материалов в металлургии. Огнеупорность. Уральский дунит $T_{пл.}$ до 2000 °C
Джемсонит	$2PbS\text{-}Sb_2S_3$. Pb: 50,8; Sb: 29,5; S: 19,7	5,5–6,0	2–3	480	Для получения антимонатов и как декоративно-коллекционное сырьё. Хрупкий
Ильменит	$FeO\text{-}TiO_2$. FeO: 47,4; TiO_2: 52,6	4,5–5,2	5,0–6,0	1450	Производство чугуна, титана
Карналлит	$KCl{\cdot}MgCl_2{\cdot}6H_2O$. $MgCl_2$: 32,6; NaCl: 39,4; H_2O: 39,4	1,6	2,0–3,0	167	Для получения магния, калия, брома, возможно попутное извлечение рубидия и цезия. Хрупкий
Каолин	SiO_2 (50-75)-Al_2O_3 (17-34)- Fe_2O_3 (0,2-2,5)			1730–1820	В производстве силумина, электрокорунда, бумаги, огнеупорных материалов. Применяется при сварке
Кварц	SiO_2 Si-46,72 0-53,28	2,65	7	1600–1670	Получение кремния, карборунда, ферросилиция, фарфора, стекла, оптические приборы, радиотехника. Хрупкий

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Кизерит	$MgSO_4$-H_2O. MgO: 29,1; SO_3: 57,8; H_2O: 13,0	2,57	3,0–3,5		Получения магния и магниевых солей
Кианит	$A1_2O_3$ SiO_2. Al_2O_3: 62,9; SiO_2: 37,1	3,5–3,7	4,5–7,0	1100	Как огнеупорный материал в металлургии и керамическом производстве. Перспективное сырьё для получения Al. Хрупкий
Киноварь	HgS. Hg: 86,2; S: 13,8	8,09	2,0–2,5	1450	Для приготовления художественных красок, пигментации каучука, зубных протезов, для получения ртути
Кобальтин	CoAsS. Co: 35,4; As: 45,3; S: 19,3	6,0–6,5	5,0–6,0	480–495	Кобальтовое стекло, керамическая глазурь. Является рудой кобальта. Хрупкий
Козалит	2PbS B_2S_3. Pb: 41,7; Bi: 42,1; S: 16,2	6,76	2,5–3,0		Как коллекционный материал, руда висмута
Корунд	Al_2O_3. Al: 52,9; O: 47,1	3,9–4,1	9,0	2000–2050	Используется как абразивный, огнеупорный материал режущей керамики. Хрупкий
Криолит	$A1F_3$-3NaF. Na: 32,9; Al: 12,9; F: 54,3	2,97	2,5	1000–1200	Применяется в металлургии алюминия, для получения эмалей, стекла. Хрупкий

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °C	Применение
Куприт	Cu_2O. Cu: 88,8; O: 11,2	6,0–6,15	3,0–4,0	1222–1262	В качестве медной руды высокого качества. Хрупкий
Купрошеелит	(Ca,Cu)WO_4. CaO: (2-18); CuO: (2-31); WO_3: (56-58)	5,9–6,1	4,5		Получения вольфрама, меди
Лепидолит	$KLi_2Al(Al,Si)_3(F,OH)_2$. K_2O: 11,6: Li_2O: 3,7; Al_2O_3 до 28,8	2,8–2,9	2,5–3,0		Источник для получения лития, иногда извлекают рубидий, цезий
Магнезит	$MgCO_3$. MgO: 47,6; CO_2: 52,4	3,0	4,5	350	Используется для производства огнеупорных материалов, получения магния. Хрупкий
Магнетит	FeO-Fe_2O_3. FeO: 31; Fe_2O_3: 69	4,9–5,2	5,5–6,5	1145–1260	Получение чугуна, стали, железа
Малахит	$CuCO_3$-$Cu(OH)_2$. CuO: 71,9; CO_2: 19,9; H_2O: 8,2	3,9–4,1	3,5–4,0	200	Поделки и мозаичные работы. Получение меди
Манганит	Mn_2O_3-H_2O. Mn_2O_3: 89,8; H_2O: 10,3	4,2–4,4	3,0–4,0	370–400	Получение марганца. Хрупкий
Манганозит	MnO. Mn: 77,4; O: 22,6	5,18	5,0–6,0	1650	Получение марганца

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °С	Применение
Молибденит	MoS_2. Mo: 60; S: 40	4,7–5,0	1,0–2,0	1185	Для получения молибдена, смазки в антифрикционные и фрикционные материалы, в электротехнике, приборостроении
Молибдит	MoO_3. Mo: 66,7; O: 33,3	4,5	1,0–2,0		Возможно получение молибдена.
Мусковит	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. K_2O: 11,8; Al_2O_3: 38,4; SiO_2: 45,3; H_2O: 4,5	2,7–3,1	2,0–3,0	1260–1290	Стойкий, стабильный электроизоляционный материал, используют в электротехнике, радиоэлектронике, для огнестойкой керамики
Перовскит	$CaTiO_3$. CaO: 41,1; TiO_2: 58,9	3,95–4,04	5,5		Для производства керамических, огнеупорных, вяжущих материалов. Применяется в радио-, компьютерной технике
Пирит	FeS_2. Fe: 46,5; S: 53,4	4,9–5,2	6,0–6,5	1150	В производстве цемента, диодов, детекторных приёмников. Ранее – в качестве огнива, при получении серной кислоты, серы и железного купороса
Пиролюзит	MnO_2 - Mn: 63,0-37,0	5,06	6,0–6,5	535–600	При производстве марганца, сухих батарей, олифы, красок, обесцвечивании стёкол

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °С	Применение
Родонит	MnO-SiO MnO:54,0 SiO:46,0	3,5–3,7	5,0–5,5	1323	Как поделочный камень, из продуктов разрушения получают марганец
Родохрозит	$MnCO_3$-MnO: 67,7-38,3	3,70	3,5–4,0	510–575	Для выплавки ферромарганца, подшихтовки при выплавке чугуна и стали
Рутил	TiO_2.Ti: 59,95; O: 40,1	4,2–5,2	6,0–6,5	1566–1640	Для получения титана. Хрупкий
Сера	S; (FeS_2; ZnS; PbS; HgS; Sb_2S3)	1,9–2,1	1,5–2,5	280–360	Производство серной кислоты, взрывчатых веществ, в резиновой промышленности, автоматных сталей, в бумажной промышленности, искусственных волокон и др. Хрупкая
Силлиманит	Al_2O_3- SiO_2. Al_2O_3:63,2 SiO_2: 36,8	3,23	6,0–7,0	1545	Изготовления огне-, кислотостойких изделий. Перспективен для получения Al и сплиминга
Сода	Na_2CO_3. Na_2CO_3. Na_2O: 21,6; CO_2:15,4; H_2O: 63,0	1,46–1,47	1,0–1,5	33,8	Для получения едкой щелочи, в цветной металлургии, в стеклянной промышленности
Сфалерит	ZnS. Zn: 67,0; S: 33,0	3,9–4,1	3,5–4,0	1000–1200	Изготовления цинковых белил, в электротехнике, химической промышленности. Хрупкий

Продолжение табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °С	Применение
Тальк	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. MgO: 31,7; SiO_2:63,5;H_2O:4,8	2,6–2,8	1,0–1,5	1400–1530	Кислото-, огнеупорный, смазочный материал, входит в состав керамики, твёрдых смазок
Топаз	$(Al_2)[SiO_4]F,OH_2$. $A1_20_3$: 48; SiO_2: 39; F: 13,1	3,0 – 3,4	8		Как драгоценный камень, в качестве огнеупорного материала. Хрупкий
Фенакит	BeO-SiO_2. BeO: 45,44 SiO_2: 54,56	2,97–3,0	7,5–8,0	1200	Используются в ювелирном деле, для получения бериллия. Хрупкий
Флюорит	CaF_2. Ca: 51,1; F: 48,9	3,18	4	1360	В металлургии, производстве стекол, плавиковой кислоты, в оптике и др. Хрупкий
Халцедон	SiO_2-nH_2O. SiO_2: 97,0-99,0	2,55–2,64	6,5–7,0		В точной механике – как абразивный материал, в ювелирном деле
Хромит	$Fe(Mg)Cr_2O_4$. Cr203: 68,0; FeO(MgO):18,0	4,5–4,8	5,5–6,5	1850	Катализаторы органических реакций, получения соединений хрома, феррохрома, огнеупорных материалов и др. Хрупкий
Циркон	$Zr[SiO_4]$. ZrO_2: 67,01 SiO_2: 32,99	4,7	7,6	2450	Получение циркония, его сплавов; для выделения гафния, радиоактивных элементов. Используется как драгоценный камень
Цинкит	ZnO. Zn: 80,3; O: 19,7	5,4–5,7	4,0–5,0	1800 горит	Получение цинка. Хрупкий

Окончание табл. 5

Название	Формула, химсостав, вес.%	Плотность, г/см^3	Твёрдость по Моосу	T, °С	Применение
Шеелит	$Ca[W04]$. CaO: 19,47; WO_3: 80,53	6,1	4,5–5,0	1300	Получение вольфрама. Используют в радиоэлектронике. Хрупкий
Шпинель	MgO-$A1_20_3$. MgO: 28,1; $A1_20_3$: 71,87	3,5–4,1	8,0	1900–2135	Огнеупорный материал, в производстве керамики, как драгоценный камень. Хрупкий
Эвкриптит	$LiAl[SiO_4]$. Li_2O: 11,8 Al_2O_3: 40,5; SiO_2: 47,7	2,64–2,66	5,5–6,5	1400	Для получения лития, производство конденсаторов
Эпидот	(Ca,Ce)-(Al,Fc)-(OH) $[Si0_4]$ $[Si_2O_7]$. CaO: 15; $A1_2O_3$: 16; SiO: 32; Fe_2O_3: 9,5; Th_2O_3: 17,0	3,2–3,5	6,0–6,5	350	Источник для получения редкоземельных элементов и тория

Многие минералы знакомы человеку еще с глубокой древности. Древним была известна наука – астроминералогия. Считалось, что каждый минерал имеет астрологическое значение, так как обладает энергетическим полем и излучает некий информационный поток. Прежде всего людей интересовал внешний вид, цвет, блеск, твёрдость минералов. Постепенно стало ясно, что минералы являются источником получения элементов и особенно металлов. Известно, что в подавляющем числе случаев все металлы в природе встречаются в соединениях с неметаллами: O_2, Si, S, N_2 и т. д. Однако в земной коре в свободном виде как чистые элементы, так и чистые минералы встречаются редко. Минералы в природе входят в состав горных пород, руд, представляющих собой ассоциацию минералов, т. е. соединение одного или нескольких минералов. Минеральное сырьё является основой получения материалов.

В земной коре известно около 4000 видов минералов: наиболее распространены силикаты (25% от общего числа), фосфаты или их аналоги (18%), сульфиды и их аналоги (13%), оксиды (12,5%).

Силикаты – соединения диоксида кремния (SiO_2) с оксидами более электроположительных элементов, например, нормальное стекло имеет состав N_2O-CaO-6SiO_2. В коре и мантии Земли 82% силикатов. Некоторые минералы содержат воду, но это вовсе не та вода, с которой мы хорошо знакомы. Вода в минералах находится в связанном состоянии, она различными способами «встроена» в их кристаллическую решётку и её можно удалить только при нагревании минералов.

Минералы делятся на следующие семейства (классы).

1. Самородные элементы, существующие в природе в свободном виде, т. е. в виде простых веществ.
2. Сульфиды – соединения элементов с серой.
3. Галогениды – соединения с галогенами (фтор, хлор, бром, йод).
4. Оксиды – соединения с кислородом.
5. Силикаты – кремнийкислородные соединения.
6. Соли угольной кислоты (карбонаты), серной (сульфаты), фосфорной (фосфаты), азотной (нитраты).

Все сказанное подтверждает необходимость создания нового раздела материаловедения – минералогического материаловедения, центральным понятием которого является минерал. Кроме того, современные достижения в плазменной, лазерной технике, физике и технике воздействия электрических разрядов на вещество открывают новые возможности перед металлургией и материаловедением. Это позволяет не только заменить дорогостоящие, экологически опасные процессы пирогидрометаллургии, но и использовать новые подходы к созданию материалов, включая новое отношение к минеральному сырью.

Названия минералов (особенно раньше) часто давались:

– по месту их первых находок: аляквист – с Аляски; андалузит – Андалузия; лабрадор – с полуострова Лабрадор (Канада); мурманит – Мурманское побережье; хибинит, чароит – река Чара (Вост. Сибирь) и т. д.;

– составу: куприт – медный; галенит – свинцовый; кальцит – кальциевый; магнезит – магниевый; сидерит – железный; никелин – никелевый; флюорит – фторный и т. д.;

– фамилиям учёных и общественных деятелей: шеелит – Шееле; гадолинит – Гадолин; канкрит – министр финансов России Канкрин; уваровит – Уваров; ферсканит; гагаринит и т. д.

С 70-х гг. XX в. почти половину новых минералов называли по именам ученых, названию некоторых научных институтов. Были предложения ряда учёных называть минералы по составу и строению.

Твёрдость минералов. Для определения твердости минералов используется сравнительная шкала Мооса (1811 г.). По этой шкале твёрдость минерала определяется путем царапания одного минерала другим. Для определения безразмерных чисел твердости минералов пользуются десятью эталонами, каждый из которых имеет свой номер, соответствующий его твёрдости по шкале Мооса: 1 – тальк; 2 – гипс; 3 – кальцит; 4 – флюорит; 5 – апатит; 6 – полевой шпат; 7 – кварц; 8 – топаз; 9 – корунд; 10 – алмаз.

Получение элементов и соединений. Современная технология переработки нацелена на получение из минерального сырья одного, реже двух, трех элементов. При этом после обогащения в большинстве случаев остаются неиспользованные ценнейшие металлы (табл. 6).

Обогащение полезных ископаемых – совокупность методов и процессов переработки руд с целью концентрации ценных компонентов путем удаления пустой породы и разделения минералов. Во многих случаях в «пустой» породе содержатся элементы, стоимость которых превышает стоимость получаемого элемента. На современном этапе такое положение становится уже нетерпимым. Необходимо извлечение по возможности большего числа элементов или сплавов на их основе, т. е. комплексного использования минерального сырья. Идеальным вариантом этого, на взгляд авторов, является применение мини-заводов, включающих в своё производство плазменный

котёл. При поступлении минерального сырья в плазменный котел происходит разогрев его до пара, а в разделительном устройстве – разделение пара по элементам в соответствии с их атомными номерами.

Таблица 6

Общая характеристика продуктов обогащения различного сырья по содержанию полезных ископаемых

Компоненты сырья	Компоненты продуктов обогащения руд				
	железных	титановых	медных	вольфрамомолибденовых	оловянных
Основные элементы	Fe	Ti, Fe	Cu	W	Sn
Элементы-спутники, извлекаемые попутно с основными элементами	Ge, V, Cr, Ni, P	V, Sc, Nb, Ta, Th, платиноиды, редкоземельные	Ag, Au, Bi, Re, Se, Te, In, Ge, Ga, Cd	Ag, Au, Re Sd, Be, Se, Te, Ge	In, Cd, Ge
Сопутствующие элементы, выделяемые в самостоятельные концентраты	Cu, Pb, Zn, Co, Zr, P	Fe, Cu, Zr, Th, редкоземельные	Zn, Mo, Pb, Fe	Cu, Bi	Cu, Pb, Zn, W, Bi, F, S, Ag
Породная составляющая руды	B, Mg, песчаники, чёрные кварциты	Основные, ультра основные породы	Песчаники, граниты, кварциты	Граниты	Кварц, граниты

Из разделительного устройства нужное количество необходимых элементов поступает в устройство для получения сплавов определенного состава и структуры с последующей конденсацией в так называемом конденсационном устройстве (возможно также получение деталей). Такой мини-завод должен на 100% комплексно использовать сырье и работать в экологически чистых условиях.

Поэтому актуальной проблемой является разработка путей комплексного использования минерального сырья с применением современных технологий. Это вызвано прежде всего резким уменьшением природных ресурсов и резким увеличением численности населения Земли.

2.3.2. Горные породы

Минеральные ресурсы формировались как за счёт происходящих в недрах Земли процессов, так и за счёт энергии и веществ, поступающих извне.

Рассмотрим Землю как открытую термодинамическую систему (рис. 28).



Рис. 28. Открытая термодинамическая система Земли: S – энтропия; P, T, C – давление, температура, концентрация химического компонента

Термодинамическая система Земли – это совокупность тел, которые в той или иной степени могут обмениваться между собой, окружающей средой энергией и веществом. Различают:

1) изолированные системы. Через границы таких систем не происходит перенос энергии и вещества;

2) замкнутые (закрытые) системы. Здесь ограничения слабее и запрещен перенос вещества. Для Земли некоторые ученые отмечают этот случай;

3) открытые системы. Это такие системы, через границы которых допускается перенос энергии и вещества.

Изменение энтропии в открытой системе ds состоит из двух компонентов. Один из них dS_i – производство энтропии в системе в результате необратимости процессов. Второй компонент dS_e – отражает взаимодействие между системой и окружающей средой: $ds = dS_i + dS_e$.

Термодинамика необратимых процессов рассматривает также показатель производства энтропии в открытых системах:

$$ds/dt = dS_i/dt + dS_e/dt.$$

Как видно, два компонента играют роль в процессе производства энтропии в открытой системе: показатель производства энтропии в системе и показатель изменения энтропии из-за энергообмена с окружающей средой.

Согласно второму закону термодинамики, первый компонент – всегда положительный. Второй компонент может быть как положительным, так и

отрицательным в зависимости от направления энергетического обмена через границу системы. Следовательно, если допустить к рассмотрению пункт 2, то образование запасов минерального сырья происходит за счёт внутренних сил и условий, происходящих в поверхностных слоях Земли – литосфере, атмосфере и гидросфере.

Если допустить существование третьего случая, то надо признать влияние метеоритов и других веществ на формирование минеральных ресурсов.

В природе все металлические элементы за небольшим исключением находятся в связанном состоянии и распределены крайне неравномерно. Американский учёный Ф. Кларк, ограничившись 16 км земной коры, определил среднее содержание элементов в процентах от массы земной коры и установил, что наибольшее распространение имеет кислород и кремний. Содержание 7 элементов составляет 99,03%. На долю всех прочих элементов приходится менее 1%. Наиболее распространенными элементами являются O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn.

Геохимик В.Г. Гольдшмит создал **геохимическую классификацию элементов**. *Литофильные* (камнелюбивые) – щелочные, щелочноземельные, Al, Si, Ti, Th, U. *Халькофильные* – похожие на медь, охотно вступают в соединения с серой – Ag, Cu, Zn, Hf, Pb, Fe. *Сидерофильные* (железолюбивые) – Fe, Co, Ni, Pt, Mo, Re. *Атмофильные* (любящие пары) – H_2, N_2, O_2, He, Xe.

Все металлы можно подразделить на элементы, находящиеся в свободном состоянии (Au, Pt), добываемые из минералов, и добываемые исключительно из комплексных руд как попутные продукты – кадмий (Cd), индий (In), рений (Re), селен (Se), иридий (Ir), осмий (Os), палладий (P), висмут (Bi).

В поверхностных слоях земного шара сосредоточены все минеральные ресурсы, которые человек использовал в повседневной жизни. При этом в общем случае превращения минеральных ресурсов до их непосредственного использования человеком последовательно осуществляются по схеме (рис. 29).



Рис. 29. Последовательность переработки горных пород

Горные породы – это ассоциация минералов, т. е. горная порода представляет собой природные соединения одного или нескольких минералов (песчаники, глины, известняки, граниты, базальты). Каждая горная порода образовалась в определённых природных условиях. Со свойствами минералов, их особенностями связаны между собой все свойства породы: цвет, вес, прочность и т. д. Так, например, прочность породы определяется прочностью соединения минеральных зёрен. По условиям образования горные породы делятся на три большие группы:

- магматические или изверженные горные породы, которые образуются при застывании природных расплавов – магм, лавы;
- метаморфические – образуются из магматических осадочных или ранее метаморфизированных пород на больших глубинах при высоких температурах и давлениях;
- осадочные – формируются на поверхности Земли при разрушении пород и минералов, а также в результате жизнедеятельности или отмирания организмов.

Магматические или изверженные горные породы были первыми горными породами на Земле, и только после остывания её поверхности и их разрушений начали появляться первые осадочные породы. Магматические породы формируются при проникновении магмы в земную кору (вышележащие слои Земли), внедряются или изливаются на поверхность, образуя излившиеся породы (лавы).

Осадочные горные породы образуются в морях, озерах и реках как продукты разложения или переохлаждения ранее существующих горных пород. Состав осадочных пород зависит от исходной материнской породы, при разрушении которой они формируются, и от химических условий, сопровождающих их формирование.

Наиболее активны процессы образования осадочных горных пород в горах и плоскогорьях в жарком и влажном климате. Высокие горы энергично разрушаются внешними силами Земли – ветром, водой, суточными и сезонными колебаниями температуры и движущимися ледниками. Реки, ручьи, потоки подземных вод, ветер и ледники механически разрушают и растворяют твердые горные породы. Образовавшиеся растворы скапливаются в озерах, морях и океанах. В прибрежных морских россыпях скапливаются огромные запасы руд циркония, тория, титана, олова. В морских галечниках сосредоточены основные запасы сапфиров, аметистов, агатов и многих других драгоценных и поделочных камней. Бурная органическая жизнь в воде вносит свою лепту в образование месторождений. В озерах и

морских мелководьях из скелетов отмирающих там организмов накапливаются большие массы кальцита $CaCO_3$. Таким образом, возникают грандиозные многокилометровые толщи известняков.

Метаморфические горные породы формируются в результате преобразования изверженных и осадочных горных пород, когда на них оказывается давление и влияние высокой температуры. Медленно и неуловимо вздымаются горные хребты, рядом с ними крупные участки земной коры погружаются в пучину океана и покрываются обломками, сносимыми речными потоками с разрушающихся горных массивов. Накопившиеся осадочные толщи оказываются на глубинах в несколько десятков километров, где предполагаются высокие температуры (4500 °С) и давление 71000 кг/см^2. В этой «печи» полностью преобразуются минералы, поступающие сверху: глины превращаются в прочные горные породы. Из пористых и легких известняков образуется мрамор, обычные угли превращаются в графит, алмаз.

Таким образом, происходит круговорот вещества в земной коре, который длится миллионы лет.

Одним из распространенных горных пород является базальт (масс.%): SiC_2 – 49,06; $A1_2O_3$ – 15,7; FeO – 6,37; MnO – 0,31; MgO – 6,17; CaO – 8,95; Na_2O – 3,11; K_2O – 1,52; H_2O – 1,62; P_2O_5 – 0,45; TiO – 1,36; Fe_2O_3 – 5,38.

Однако использовать граниты, базальты для получения элементов затруднительно. Земная кора на 95% состоит из изверженных горных пород, представленных в основном гранитами. На континентах, на глубине 15–30 км граниты образуют сплошной слой. В 100 т гранита содержится в основном 8 т – A1; 5 т – Fe; 0,54 т – Ti; 80 кг – Mg; 30 кг – Cr; 18 кг – Ni; 9 кг – Cu; 4,5 кг – W; 1,8 кг – Pb.

Полезные ископаемые – природные минеральные образования в земной коре неорганического или органического происхождения, химический состав и физические свойства которых позволяют использовать их в сфере материального производства. Скопления полезных ископаемых образуют месторождения, в том числе промышленные.

Полезные ископаемые различают:

по физическим свойствам: твёрдые, жидкие, газообразные;

по использованию:

– топливно-энергетические (нефть, газ, уголь, урановые руды, сланцы горючие, торф);

– рудные (руды черных и цветных редких, благородных металлов);

– горно-химическое сырье (фосфориты, апатиты, калийные и другие соли, сера, барит, борные руды, бром, йодсодержащие растворы);

– природно-строительные материалы;

– поделочные и драгоценные камни (мрамор, гранит, яшма, агат, гранаты, корунд, алмаз и др.);

– гидроминеральные (подземные пресные и минеральные воды).

Полезные ископаемые имеют количественную оценку, выражаемую запасами, образуют месторождения только во внешней оболочке Земли, имеющей толщину всего 10–15 км. Эта оболочка получила название рудосферы.

Есть полезные ископаемые, ценность которых исключительно высока. К ним относится золото, серебро, многие драгоценные и поделочные камни, такие как алмаз, изумруды, нефриты и др. Остальные виды минерального сырья приобрели популярность только на определенных этапах развития цивилизации.

Руда – минеральное образование с таким содержанием и такими формами нахождения (крупность, характер соединения и др.) металлов и полезных минералов, которые обеспечивают технологическую возможность и экономическую целесообразность их извлечения. Скопление руды называется рудным телом.

Различают руды металлические (железные, свинцовые, медные и т. д.) и неметаллические (мышьяковые, асбестовые, апатитовые, флюоритовые и т. д.). Термин «руда» часто применяется к рудным минералам – основным компонентам металлических руд; например, халькоперит – руда меди или медная руда.

Горные породы и руды состоят из минералов. Примерами минералов служат алмаз и золото. Алмаз состоит из углерода, бывает природным и искусственным. Золото часто встречается в виде мельчайших, невидимых глазу крупинок в различных минералах, однако находили и очень крупные его скопления. Так, в Австралии найдена так называемая «Плита Холтермана», обломок кварцевой жилы весом 285 кг, в которой было более 90 кг чистого золота. Золото содержит заметную примесь серебра. Часто оно добывается из россыпей, куда попадает при выветривании коренных руд. С самородной медью люди знакомы уже многие тысячелетия. Она может образовывать многотонные самородки. Самородное железо (феррит) встречается в земных породах магнетического происхождения, но его заметные скопления очень редки, обычно оно образует мельчайшие вкрапления в вулканических породах – базальтах.

В табл. 7–9 приведены описания руд редких металлов, минералов радиоактивных руд и нерудных полезных ископаемых, большинство которых находится в Дальневосточном регионе. Более подробно ознакомиться с данными можно в работах [106–108].

Таблица 7

Главнейшие минералы руд редких металлов

Руды	Главные минералы	Формула	Содержание металла или полезного компонента,%
Олова	Касситерит	SnO_2	Sn – 79
	Станнин	Cu_2FeSnS_4	Sn – 28
Вольфрама	Вольфрамит	(Mn,Fe)WO	WO_3 – 75 – 77
	Шеелит	$CaWO_4$	WO_3 – 80
Молибдена	Молибденит	MoS2	Mo – 60
	Ферримолибдит	$Fe_2MoO_47H_20$	Mo – 60
Сурьмы	Антимонит	Sb_2S_3	Sb – 71
Ртути	Киноварь	HgS	Hg – 86
Мышьяка	Реальгар	AsS	As – 70
	Аурипигмент	As_2S_3	As – 61
	Арсенопирит	FeAsS	As – 46
Лития	Сподумен	$LiAl[Si_2O_{18}]$	Li_2O – 8
	Лепидолит	$Kli_2Al[Si_4O_{10}](F,OH)_2$	Li_2O – 5
Бериллия	Берилл	$Be_3A_{12}[Si_6O_{18}]$	BeO – 14
	Хризоберилл	Al_2BeO_4	BeO – 20
	Бертрандит	$Be_4[Si_2O_7](OH)_2$	BeO – 37
Тантала и ниобия	Колумбит-танталит Лопарит	$(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$ $(Na,Ce,Ca)(Ti,Nb,Ta)O_3$	Nb_2O_5 – 5 – 77. Ta_2O_5 – 63 – 86. $(Nb,Ta)_2O_3$ – 8 – 10
Цезия	Полуцит	$Cs[AlSi_2O_6]$	Cs_2O – 45
Циркония	Циркон	$Zr[SiO_4]$	ZrO_2 до 67
Галлия	Примесь в бокситах и сфалерите	CdS; ZnS	Ga – 0,01 – 0,1
Гафния	Примесь в цирконе	$ZrSiO_4$	HfO_2 – 0,7 – 7
Рения	Примесь в молибдените	MoS_2	Re до 2

Таблица 8

Главнейшие минералы радиоактивных руд

Руды	Главные минералы	Формула	Содержание минерала или полезного компонента, %
Урана	Уранитин	UO_2	UO_2 – 60 – 80
	Настуран	U_3O_8	UO_2+UO_3 – 62 – 94
	Торбернит	$Cu[UO_2]_2(PO_4)_2]$ $12H_2O$	UO_3 – 58
	Карнотит	$K_2[(UO_2)_2(VO_4)_2]3H_2O$	UO_3 – 63
Тория	Торит Монацит	$Th[SiO_4]$ (Ce, La, Th)$[PO_4]$	ThO_2 – 81 ThO_2 до 28

Таблица 9

Главнейшие нерудные полезные ископаемые

Вид сырья	Минералы и горные породы (формула минералов)
Флюсы в металлургии	Флюорит: CaF_2, кальцит: $CaCO_3$, доломит: $CaMg[CO_3]_2$. Кварц: SiO_2
Огнеупоры и теплоизоляционные материалы	Графит: С, магнезит: $MgCO_3$, брусит: $Mg(OH)_2$, доломит: $CaMg[CO_3]_2$, дистен: Al_2
Очистка нефтепродуктов, отбеливающий материал	Монтмориллонит: $(Al_2Mg_3)[Si_4O_{10}](OH)_2H_2O$
Химическое сырьё	Натриевая, калиевая селитры: $NaNO_3$, KNO_3, галит: NaCl, Сильвин: KCl, карналлит: $KMgCl_36H_2O$, мирабилит: $Na_2SO_410H_2O$, датолит: $Ca_2B_2[SiO_4]_2(OH)_2$, боронит: $Mg_3[B_7O_{13}]Cl$
Техническое сырьё: А) абразивные материалы	Алмаз: С, корунд: $A1_2O_3$, топаз: $A_{12}[SiO_4](Fe,OH)_2$, гранат: $(Fe,Mg)_3Al_2[SiO_4]_3$, халцедон: SiO_2
Б) пьезоэлектрическое и оптическое сырьё	Пьезокварц: SiO_2, турмалин: $Na(Mg, Fe)_3Al_6(BO_3)_3$, флюорит: $[Si_6O_{18}](OH_9F)_4)$, исландский шпат: CaF_2, оптический кварц: $CaCO_3$; SiO_2
В) диэлектрики	Мусковит: $K_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$, флогопит: $KMg_3[AlSi_2O_{10}](F,OH)_2$
Строительные материалы	Известняки, мергель, песок, гравий, песчаники, глины, некоторые магматические горные породы
Стекольно-керамическое сырьё	Кварцевые пески, пегматиты, глины, каолинит: $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

Наиболее используемыми в металлургии минералами являются: TiO_2 – рутил; $FeO\ TiO_2$ – ильменит; Fe_3O_4 – магнетит, магнитный железняк; Fe_2O_3 – гематит, красный железняк; $FeCO_3$ – сидерит или бурый железняк; $ZrSO_2$ – циркон; $FeCr_2O_4$ – хромит основная хромовая руда; ZnS – сфалерит; PbS – галенит; $CaWO_4$ – шеелит.

2.3.3. Вскрытие рудных концентратов

Выделить какой-либо элемент или компонент в чистом виде методами обогащения нельзя, так как в большинстве своем минералы имеют сложный химический состав. Для выделения и концентрации всех полезных составляющих сложного состава, например, минералов вольфрамита (Fe, Mn)W_4, лопарита (Na, Ca, Ce...)$_2$(Ti, Nb)$_2O_6$ и т. д., их необходимо предварительно разрушить (вскрыть, разложить).

На практике в настоящее время для этого применяют методы пиро-, гидрометаллургии (рис. 30).

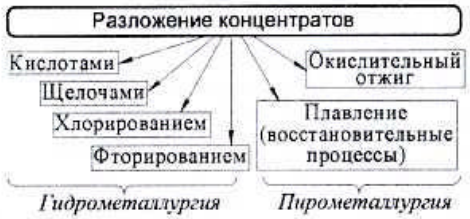


Рис. 30. Основные методы разложения концентратов

Гидрометаллургия – это метод извлечения металлов из руд, концентратов и отходов различного производства при помощи водных растворов химических реагентов с последующим выделением металлов из этих растворов. Основными операциями гидрометаллургии являются:

– механическая обработка руды (дробление, измельчение, классификация, сгущение);

– изменение химического состава руды или концентрата (обжиг, спекание, разложение химическими реагентами);

– выщелачивание;

– обезвоживание и промывка;

– осветление растворов и удаление вредных примесей;

– осаждение металлов или их соединений из растворов;

– переработка осадков.

Следует отметить, что разложение концентратов хлором и фтором не относится к гидрометаллургии, а составляет отдельную группу процессов разложения концентратов – газометаллургию.

Пирометаллургия (от греч. огонь) – совокупность процессов получения и очистки металлов и сплавов, протекающих при высоких температурах. К пирометаллургии относится обработка доменная, мартеновская, конверторная, дуговая, переплав в индукционных печах.

Почти 100% чугуна, стали, свинца, около 95% меди, более 60% цинка получают методами пирометаллургии.

Приведённые выше процессы разложения концентратов весьма энергоёмки, в большинстве своем экологически опасны и уже не отвечают современному уровню развития науки и техники.

По мнению авторов, разложение концентратов должно осуществляться с использованием высококонцентрированных потоков энергии, при импульсном воздействии на них высоких давлений и температур в условиях лазерной, электронно-лучевой, электроискровой, ультразвуковой, плазменной и других технологий (рис. 31). Эти процессы и ряд других, например магнитное воздействие, механоактивация, должны быть предметом изучения минералогического материаловедения. Каждый из методов имеет значительное преимущество и возможности по сравнению с методами пиро- и гидрометаллургии.

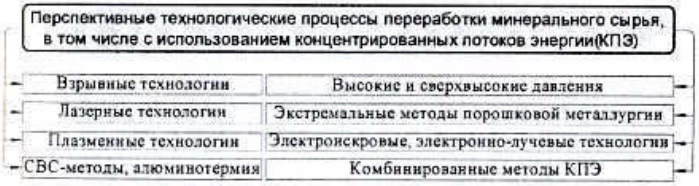


Рис. 31. Перспективные технологические процессы

Например, обработка с использованием высоких давлений (в настоящее время используют установки, позволяющие получать давление до 300 ГПа) часто сочетается с магнитным и температурным воздействием. Это вызывает обратимые и необратимые изменения электронного строения, кристаллической структуры и свойств минералов. Так, при сжатии в 5–15 раз никель становится диэлектриком, а затем снова проводником; полупроводники и диэлектрики (алмаз, кремний и др.) переходят в металлическое состояние. Обработка высоким давлением служит эффективным средством синтеза новых сверхтвердых материалов, таких как боразон,

гексанит, синтетические алмазы и др. Хотя влияние высоких давлений на минеральное сырье изучено недостаточно, смело можно предполагать возможность получения новых материалов с высоким уровнем физико-химических и эксплуатационных свойств.

2.3.4. Истощение минеральных ресурсов Земли

От древнейших времен до настоящего времени человек вовлекает во всё возрастающем темпе для использования те элементы, которые в природных условиях сконцентрированы в виде минеральных ресурсов. Невозможно переоценить роль полезных ископаемых в становлении человеческой цивилизации, особенно металла – его использование стимулировало развитие земледелия, строительства, ремесел, военного дела, культуры.

Земля обладает практически постоянной массой и представляет собой химически замкнутую систему, которая непрерывно обменивается с окружающим космосом только энергией, но по мнению авторов, и веществом. Например, Аризонский метеоритный кратер образовался в результате удара огромного метеорита, при этом общий вес обломков мельчайших шариков составил 12 тыс. т. А несколько миллионов лет назад в Сибири упал огромный метеорит массой 1 млрд т, достигавший в поперечнике 1–1,5 км. В результате вещественно-энергетических превращений в Земле происходит непрерывная рециркуляция веществ, которая совершается по двум основным кругооборотам: геологическому и биологическому. С развитием последнего образовался единый биогеохимический круговорот вещества.

Современное производство обобщенно можно охарактеризовать объёмом производства металлов (рис. 32), а также мощностью действующих источников энергии.

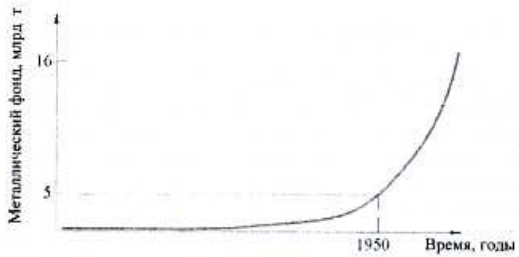


Рис. 32. Возрастание металлического фонда [116]

В настоящее время, когда воздействие человека на нашу планету становится соизмеримо с этим кругооборотом, разумная организация производства должна привести к симбиозу техносферы и биосферы – образованию единственного естественно-технологического кругооборота вещества на Земле.

На рис. 33 показано, что по мере развития цивилизации и перехода от ручного труда к использованию современных машин, в производство вовлекаются месторождения с более низкими концентрациями полезных ископаемых. При этом масса руд непрерывно увеличивается, а следовательно, растет и количество отходов.



Рис. 33. Содержание ценных компонентов в единичном месторождении

При этом количество богатых месторождений всё уменьшается, уменьшается и содержание ценных компонентов в сырье, а добыча его продвигается в отдаленные и малообжитые районы.

В настоящее время резко возросло потребление металлов почти всей Периодической системы. В это же время содержание полезных ископаемых катастрофически уменьшается. Возникает вопрос – насколько хватит полезных ископаемых?

Индекс использования минеральных резервов.

Кажущееся благополучие с запасами минерального сырья опровергается динамикой использования мировых ресурсов – скоростью использования резервов, получивших название «индекса минеральных резервов»

(ИМР). Для металлов ИМР находится в пределах 0,4–5,3%, что составляет сроки отработки для резервов от 250 *(Fe)* до 19 лет *(Sn)* (табл. 10, 11). Срок отработки резервов К = 100/ИМР лет.

Эти данные показывают корреляцию изменения потребления минеральных ресурсов с численностью населения Земли (табл. 12).

Таблица 10

Индексы использования ресурсов от численности населения ИМР

Ресурс	Численность населения			
	$3{,}58 \cdot 10^9$ (1969)		$10 \cdot 10^9$ (начало XXI в)	
	Мировые темпы	Темпы США	Мировые темпы	Темпы США
Al	0,9	10,0	2,5	28
Fe	0,4	2,2	1,2	6,1
Ti	0,5	1,2	1,8	5,3
W	2,4	6,8	9,9	27,9
Cu	1,9	15,9	5,4	44,6
Au	12,9	12,9	36,4	36,4
Sn	5,3	14,8	33,4	93,9
Pb	3,5	29,1	9,8	81,7
U	2,3	6,4	5,8	16,2
Нефть	3,1	8,7	18,9	53,1
Уголь	0,05	0,2	0,1	0,5

Таблица 11

Истощение мировых ресурсов (состояние на 1989 г.)

Металл	Прирост потребления, %	Запасы, млн. т	Срок использования, лет		
			I	II	III
Al	5,1	1170	35	77	91
Cu	3,4	308	24	76	95
Zn	2,5	123	18	76	101
Mo	4,0	54	36	87	104
Ag	1,5	0,2	14	82	117
Ti	2,7	147	51	127	152

Примечание: I – при использовании разведанных запасов (РЗ); II – при РЗ·10; III – при РЗ·10+50 % вторичного сырья.

Таблица 12

Рост численности населения Земли

Период, годы	Прирост численности населения, млн. человек	Время удвоения численности населения
7000–4500 до н. э.	10–20	2500
2500–1000 до н. э.	40–80	1500
1–900 н. э.	160–320	900
900–1700	320–600	800
1700–1850	600–1200	150
1850–1950	1200–2500	100
1950–1990	2500–5000	40

В настоящее время темп прироста населения составляет 90 млн человек в год, к началу 2012 г. число жителей достигло 7 млрд. Это почти в 10 000 раз больше того количества людей, которые могли бы выжить без достижений технической цивилизации. Одновременно с ростом народонаселения возрастают и потребности общества, что приводит к ещё большему росту объёмов промышленного и сельскохозяйственного производства. Так, удвоение производства электроэнергии в данное время происходит за 7–10 лет, а объёмов всех видов промышленной и сельскохозяйственной продукции – за 30–35 лет.

Представленные данные не следует принимать в абсолютном плане. Будут открыты новые источники сырья, возрастёт их рециркуляция, изменятся нормы его потребления. Однако обнаруженные реальные скорости расходования ресурсов ориентируют нас на то, что может произойти, если не будут приняты соответствующие меры. Остается также несомненным, как утверждают учёные, что при достижении численности населения в 10 млрд человечество не будет обеспечено минеральными ресурсами.

Сегодня на каждого жителя планеты при добыче полезных ископаемых перемещается около 400 т горных пород, чем нарушается порядка 2 км^2 поверхности суши. Из этих пород извлекаются около 20 т сырья, которое с использованием 400 т воды и 2,5 кВт энергии перерабатывается в продукты потребления.

Таким образом, использование минеральных ресурсов в современных условиях характеризуется рядом особенностей:

1) ускорением темпов потребления минеральных ресурсов (табл. 10–12). В настоящее время темпы добычи и потребления минерального сырья пре-

вышают темпы роста населения. Мировое потребление минерального сырья увеличивается в последнее время на 5% в год. Потребляемая обществом энергия на 90% производится за счёт тепла, получаемого при сгорании нефти, газа и угля;

2) ухудшением качества минерального сырья, усложнением горно-геологических условий добычи сырья и топлива. Известно, что добычу сырья в настоящее время осуществляют в море, т. е. в прибрежном шельфе, и имеются уже проекты добычи сырья на Луне;

3) удорожанием переработки минерального сырья и ужесточением требований к экологии;

4) ухудшением экологической обстановки, вызванной переработкой минерального сырья. Накапливаются горы отвалов, стоки с кислотами и щелочами;

5) невозможностью полного удовлетворения потребностей добывающих и перерабатывающих отраслей в капитальных вложениях;

6) катастрофическим накоплением отходов производства. Так, в Москве производится от 13 до 13,5 млн т различных отходов.

Ситуация усугубляется демографическим фактором – население мира преимущественно растёт в южных развивающихся странах. Быстро растущее население Земли в целом и расточительное потребление богатой его частью ведут к росту нищеты остальных, резко увеличивая в то же время нагрузку на воздух, почву, воду и другие ресурсы жизнеобеспечения. Все это свидетельствует о том, что для человечества гибельной может оказаться не только угроза ядерной войны. Всемирная комиссия ООН по окружающей среде и развитию 1997 г. обострила вопрос о необходимости поиска новой модели развития цивилизации, опубликовав доклад «Наше общее будущее».

В последнее время человечество обнаружило, что беспокоившие его локальные экономические катастрофы стали перерастать в глобальные: кислотные дожди, масштабные загрязнения токсичными химическими веществами и радионуклидами, быстрое сокращение биологического разнообразия, загрязнение планеты производственными и бытовыми отходами.

Биосфера – область распространения жизни на Земле, включающая верхнюю часть твёрдой оболочки Земли, гидросферу и нижнюю часть атмосферы. Биосфера – это организованная оболочка.

Ноосфера – состояние биосферы при переходе в будущую эпоху. Характеризуется существенным влиянием на геологическую историю Земли человеческого разума. Сфера разума, область активного проявления

научной мысли как главного фактора воздействия человека на окружающий мир.

Техносфера – сфера воздействия техники на природу и весь окружающий человека мир.

2.3.5. Комплексное использование сырья и концепция устойчивого развития человечества

Концепция устойчивого развития цивилизации тесно связана с концепцией рационального использования минеральных ресурсов. В США, например, действует президентский совет по устойчивому развитию. В его официальных документах обозначены три главных ориентира – условия устойчивого развития; социальная справедливость и сохранность окружающей среды; экономическое развитие.

Глобальная программа «Повестка дня на XXI век», принятая на конференции ООН в Рио-де-Жанейро, призвана подготовить мировое сообщество к решению проблем, с которыми столкнулась мировая цивилизация, вступая в XXI в. Документ сгруппирован в 4 раздела: социальные и экономические аспекты; сохранение и рациональное использование ресурсов; усиление развития роли основных групп населения; средства осуществления.

Под устойчивым развитием надо подразумевать такую модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений. Встает проблема – развитие человечества и сохранение окружающей среды, включая все виды природных ресурсов.

Остаётся также несомненным утверждение учёных о том, что при достижении численности населения в 10 млрд. человек производство не будет обеспечено самыми широко используемыми ресурсами. Поэтому в мире предлагается много решений этой глобальной проблемы, начиная от замораживания (вплоть до сокращения) численности населения Земли на отметке так называемого «золотого миллиарда», до концепции устойчивого развития, провозглашенной в 1992 г. конференцией в Рио-де-Жанейро.

В настоящее время нужна новая модель развития человечества, изменение номенклатуры и уровня потребностей, пересмотр приоритетов, а также производства в целом. Наиболее перспективная модель должна базироваться на многих условиях, в том числе и на комплексном использовании минерального сырья, включая воспроизводство ресурсов.

Под комплексным использованием сырья понимается переработка сырья с извлечением всех ценных составляющих с полнотой, которая опре-

деляется современным развитием науки и техники, процессами, не допускающими выброс вредных веществ в окружающую среду и, естественно вписывающимися в круговорот веществ в природе. Комплексное использование сырья решает практически важную для человечества триединую задачу постоянного обеспечения сырьём, материалами и сохранением окружающей среды (см. рис. 11) [109, 110]. Сюда включается и перманентное обеспечение сырьём, полученным из отходов, которое происходит за счёт рециркуляции материалов, переработки отходов горно-металлургического производства, создания центров по переработке бытовых и промышленных отходов, создания материалов с высоким уровнем свойств. Сохранение окружающей среды обеспечивается за счёт создания специального оборудования, использования замкнутого производства материалов, использования разомкнутого циклического круговорота вещества и материалов (не замкнутого на биосферу). Решение триединой задачи требует комплексного подхода, включающего применение достижений геологии, горного дела, металлургии, физикохимии и обозначенного ещё три века назад М.В. Ломоносовым в его основной работе [111].

Фактически любой из металлов не имеет в природе мономинерального сырья: железные, медно-никелевые и другие виды рудного сырья, которые оказались в то же время сырьем для получения редких, рассеянных и других элементов. Сложившаяся классификация и деление на руды железные, медные и другие все больше и больше утрачивает четко выраженную направленность, поскольку руды черных металлов являются сырьем для редких и рассеянных элементов, а руды цветных металлов – для получения черных.

Вместе с тем практический и научный опыт преодоления сырьевых трудностей в производстве показывает, что проблема может быть решена не только и не столько все возрастающим извлечением сырья из недр, но и путем его воспроизводства. Воспроизводство сырья означает создание искусственного сырья высокого качества, отвечающего требованиям сложившегося производства. Для этого имеется несколько источников. Так, в любом месторождении богатые руды составляют 5–7%, до 35% – рядовые руды, после определенного обогащения они используются в сложившемся производстве, около 60% – бедные руды, которые и должны являться одним из источников воспроизводства сырья.

Другой источник – руды сложного состава, не перерабатывающиеся сложившимися технологическими процессами (например, титаномагнетиты с высоким содержанием титана, ванадия, железа). И, наконец, отходы производства, наличие которых обусловлено особенностями последнего.

При добыче извлекается не более 40% месторождения руды. На стадии обогащения потеря металлов ещё больше и составляет 15–40% в зависимости от металла и разновидностей минеральных фаз, в которых он обнаруживается. При металлургическом переделе потери достигают 10–20%. При производстве полуфабрикатов и в особенности изделий использование металлов остается до сих пор низким (рис. 34).

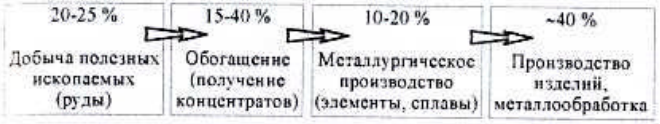


Рис. 34. Потери при производстве изделий

Таким образом, на всех стадиях получения и обработки металлов образуются отходы, которые могут служить источником воспроизводства сырья. Воспроизводство сырья включает в себя:

1) отходы производства (рециркуляцию металлов);

2) обработку бедного, труднопереработываемого минерального сырья;

3) получение искусственного сырья.

В 1932 г. А. Ферсманом сформулированы основные принципы рациональной переработки и использования минерального сырья:

1) полное использование всех ценных компонентов;

2) создание производства, в котором процессы подбираются к сырью.

Затем позже академик И.П. Бардин дополнил указанные принципы:

3) отходы одних технологических переделов или производств должны служить сырьём для других;

4) создание металлических сплавов и материалов с учётом не только свойств, но и распространенности в природе (предложение академика В.И. Вернадского);

5) для комплексного использования сырья необходимо, чтобы производство металлов было замкнуто (предложение А.В. Резниченко).

Хотя как научная дисциплина технология рудного сырья ещё не сложилась (теоретические основы имеют пока дискуссионный характер), некоторыми её положениями уже следует руководствоваться на практике. Если производство замкнуто, то возникают трудности перманентного обеспечения сырьём. Это является важнейшим выводом теории замкнутого производства. Если производство разомкнуто, то в таком производ-

стве сырьё используется не комплексно и оно не безвредно для окружающей среды.

Переход к замкнутому производству, или производству с полным комплексным использованием сырья – сложный процесс, включающий в себя несколько этапов:

1) повышение комплексного использования сырья в сложившихся отраслях (современный этап производства);

2) воспроизводство и создание искусственного сырья;

3) организация замкнутого производства в рамках предприятия или отрасли;

4) создание региональных замкнутых технологических производств с большой концентрацией сырья;

5) осуществление рециркуляции металлов в народном хозяйстве;

6) разработка металлических материалов с учетом не только свойств, но и распространенности (наличие) элементов в природе.

Последнее будет означать фактически новую революцию в материаловедении: создание на основе распространенных в природе металлов (Al, Ti, Mg) легких, прочных и коррозионностойких металлических материалов и широкое их внедрение в хозяйственной деятельности.

2.3.6. Общая характеристика состояния производства элементов и соединений, новое отношение к минеральному сырью

Только в условиях замкнутого производства и, прежде всего, в металлургии как отрасли в целом можно решить проблему перманентного обеспечения хозяйственной деятельности сырьём и металлами. Однако сложившаяся структура металлургического производства, узкая специализация (производство чёрных металлов – чёрная металлургия, цветных и редких металлов – цветная металлургия) способствуют разомкнутости современной технологии. Анализ состояния запасов и добычи железорудного сырья свидетельствует о том, что в чёрной металлургии попутно извлекается лишь ванадий и полностью теряются цветные и редкие металлы, руд которых не хватает в цветной металлургии.

Цветная металлургия производит легирующие элементы (цветные и редкие металлы) для чёрной металлургии (производство легированных и качественных сталей), при переработке металлических стальных отходов и сложнолегированного стального лома они полностью теряются со шлаками, возгонами и пылями. Объём потерь все больше становится соизмеримым с годовым производством цветных и редких металлов, что свидетельствует об отсутствии в металлургическом производстве рециркуляции сырья и металлов. Такое положение в первую очередь обусловлено специфическими особенностями технологических процессов, существующих на отраслевых предприятиях и предусматривающих извлечение основных и потери (частично или полностью) сопутствующих металлов.

Вопрос создания безотходных производств, например, для Кольского полуострова актуален с позиции сохранения окружающей среды [109] (рис. 35).

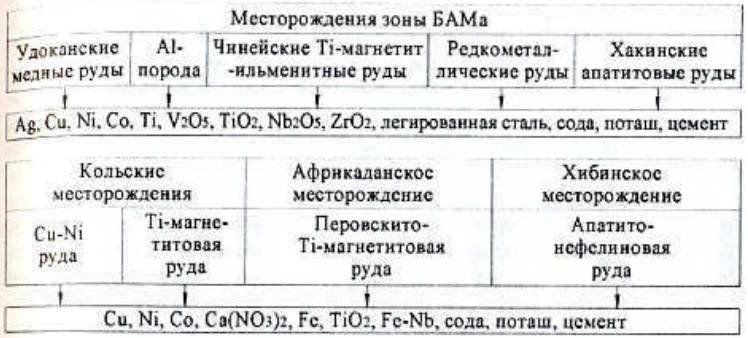


Рис. 35. Схема комплексного использования сырья руд зоны БАМа и Кольского полуострова (Кольский региональный горно-металлургический комплекс)

Многокомпонентность Кольского сырья (магнетитовые, апатитонефелиновые, титаномагнетитовые, перовскито-титаномагнетитовые, ильменит-титаномагнетитовые, медно-никелевые, редкоземельные и другие руды) затрудняет его рациональное использование в структуре одного производства: оно с большим трудом укладывается в рамки строгих технических условий на технологическое сырьё, из которого привычно извлекать лишь два или три компонента на заводах отраслевых министерств. Так, организация комплексного использования руд Хибинского месторождения может быть решена только на базе внедрения безотходных технологических схем их переработки.

Реализация этого проекта разбита на ряд этапов.

1. На первом этапе – повысить комплексность использования добываемого сырья благодаря полной утилизации серы, максимальному извлечению Co и других металлов.

2. На втором этапе – создание искусственного сырья.

3. На третьем этапе – на основе Кольской АЭС создать замкнутый горно-промышленный комплекс с многократной циркуляцией полупродуктов и серной кислоты (например, использование серной кислоты в технологическом цикле производства пигментного диоксида титана, двойного суперфосфата, коагулянтов и др.). Создание такого комплекса должно избавить Россию от импорта титанового, ниобиевого и алюминиевого сырья. Впервые предусматривается использование новой металлургии получения из руд железных и легированных порошков, стали, в том числе нержавеющей.

В перспективе рассматривается вопрос о создании регионального горно-металлургического комплекса в Дальневосточном регионе. Так, освоение Удокана надо связывать с одновременным освоением соседних месторождений, что позволит наряду с медью получать качественную сталь, алюминий, ферросплавы, титан, ванадий и другие редкие металлы, удобрения для сельского хозяйства, соду, поташ и ряд других продуктов.

Создание региональных горно-промышленных комплексов межотраслевого подчинения является актуальной задачей в решении проблемы рационального использования недр в регионах с большой плотностью месторождений сложного вещественного состава и позволяет избежать технологий, когда огромные горные массы, измеряемые кубическими километрами, перелопачиваются ради одного металла. Только частичное повышение комплексности использования сырья в сложившихся отраслях дает экономический эффект порядка нескольких миллиардов долларов, а переход к замкнутому производству на три порядка увеличивает экономический эффект.

Замкнутые же на биосферу системы имеют определённые недостатки.

1. В технологии обработки руд и концентратов используются кислоты, щёлочи, что не отвечает современным требованиям экологии.

2. Замкнутые системы не предусматривают полного использования минерального сырья, т. е. неизбежно будут отходы производства, которые должны сбрасываться в литосферу.

3. В математике есть теорема Гёделя о принципиальной неполноте замкнутых систем: замкнутые системы деградируют.

Замкнутые системы разработаны отечественными учёными, но они популярны и в других странах, например, в США. В 1996 г. в г. Чикаго была организована конференция «Неделя материалов», эмблемой которой стала замкнутая на биосферу схема использования минеральных ресурсов.

В настоящее время отходы производства лишь частично используются в промышленности, а часть возвращается в литосферу. Необходима разработка другой схемы (идеальной), которая исключает попадание отходов в литосферу, гидросферу, атмосферу и должна служить образцом комплексного использования минерального сырья.

Учитывая быструю истощаемость месторождений многих полезных ископаемых на суше, настала пора осваивать минеральные богатства, таящиеся на дне глубоких морей и океанов, площадь которых занимает порядка 3/4 площади земной поверхности. В ближайшие десятилетия будут разрабатываться две группы месторождений: скопления железомарганцевых руд, затем медно-цинковые залежи на больших глубинах.

Ещё в прошлом веке на дне океанов обнаружено огромное количество минеральных образований округлой формы (конкреций), которые состоят из оксидов железа и марганца. В настоящее время началась борьба за раздел Мирового океана и гонка технологий, позволяющих извлечь эти образования с морского дна. Для ведения геологоразведочных работ ООН в 1987 г. выделила СССР участок морского дна площадью 75 тыс. км^2 в северо-восточной котловине Тихого океана (в зоне Кларион – Клиппертон, экваториальная часть северо-восточной котловины Тихого океана), что отвечает сегодня национальным интересам России.

Достижение целей по обозначенным проблемам предопределяет необходимость решения ряда задач:

1) обнаружения новых запасов минерального сырья;

2) повторного использования вторичного сырья;

3) освоения новых областей извлечения минерального сырья (моря, прибрежного и арктического шельфов – главных резервов России);

4) исключения технологий переработки сырья с использованием солей, кислот шелочей, хлора, фтора;

5) использования разомкнутой от биосферы схемы использования минерального сырья и производства материалов;

6) использования новых технологий переработки минерального сырья;

7) создания региональных горно-металлургических комплексов;

8) создания материалов на основе наиболее распространённых элементов в природе;

9) использования вторсырья;

10) освоения космического пространства.

При современных и перспективных методах разработки полезных ископаемых процесс добывания сводится к разрушению массива с целью отделения от него транспортабельных кусков ископаемого и последующей

транспортировки. Современный уровень науки и техники позволил разработать специальные методы разрушения горных пород: главным образом механические способы твёрдосплавным породоразрушающим инструментом, электроимпульсные, взрывные технологии.

3. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НОВОЙ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ – МАТЕРИАЛОГИИ

3.1. Начальный этап становления и развития

3.1.1. Истоки и пути становления

Изучая влияние материалов на развитие человеческой цивилизации, а также развитие наук о материалах с древнейших времён и до наших дней [45, 68, 112–117], можно утверждать, что в этой области человеческой деятельности объективно существует ряд законов, определяющих бытие человека.

1. Непрерывное увеличение числа искусственных материалов. В соответствии с [118] можно полагать, что зависимость количества появляющихся новых материалов от времени описывается показательной функцией, а в соответствии с [119] – геометрической прогрессией.

2. Непрерывное повышение уровня свойств: физико-химических, эксплуатационных, технологических и других. Невозможно ответить на вопрос о существовании в будущем предела роста либо отсутствия достижимого уровня свойств материалов. На данном этапе развития наук о материалах можно только утверждать о его существовании для определённых видов (марок) материалов [120]. Однако можно предполагать, что использование высоких давлений, магнитных, электрических и других воздействий на вещество, а также атомного синтеза, позволит создавать материалы с необходимым более высоким уровнем свойств в будущем. Следует отметить, что непрерывное повышение уровня свойств материалов требует не только повышения уровня технологии, исследовательского оборудования, но всё возрастающих интеллектуальных усилий человеческого общества.

3. Расширение спектра новых свойств материалов, что связано с использованием их в различных специфических условиях и с расширением требований к материалу, а также появлением новых приборов и исследовательского оборудования.

К настоящему времени созданы и получены миллионы искусственных материалов. Было бы большим преувеличением считать, что они были созданы с помощью науки о материалах. Но было бы неправильно утверждать, что до появления наук о материалах создание и получение материалов осуществлялось стихийно (эмпирически создание материалов началось в бронзовом веке, т. е. 4000 лет назад). По мнению авторов, ещё в древности интуитивно возникла основополагающая идея, связанная с получением искусственных материалов: «прочных, твёрдых как камень и пластичных как медь». Таким образом, вплоть до XX в. основополагающей идеей создания материалов особенно для оружия, орудий труда, инструмента, был поиск оптимального соотношения их прочности и пластичности, т. е. преимущественно – идея получения материалов с заданными механическими свойствами.

Однако, начиная с XVIII–XIX вв. заметное влияние на развитие науки о материалах оказывало обобщение предыдущего опыта по созданию материалов и научных исследований при получении железа, сталей и чугуна [112, 116]. Влияние науки по получению материалов с заданными свойствами во всё возрастающих объёмах непрерывно повышается. Это прежде всего связано со всё большим влиянием на науку о материалах достижений физики и химии и особенно химической технологии, среди которых можно отметить:

1) экспериментальное и теоретическое изучение структурных уровней организации материи вплоть до элементарных частиц и попыток создания «мировой формулы»;

2) теорию электронного строения веществ и материи, а также теорию дислокаций (теорию несовершенств в строении веществ);

3) теорию термодинамического равновесия термодинамического потенциала;

4) машинное моделирование строения материалов и взаимосвязь «состав–технология–структура–свойства»;

5) непрерывное совершенствование экспериментального и исследовательского оборудования.

На создание новых, перспективных материалов оказывает большое влияние непрерывное совершенствование технологии их получения и обработки, а также использование информационных технологий [118]. Последняя революция в области материалов, связанная в основном с созданием и получением материалов с дисперсной, ультрадисперсной и наноструктурой, а также современные потребности общественного развития показали, что рациональный, направленный синтез материалов в на-

стоящее время является единственно возможным и необходимым. Он должен базироваться на общей формуле «вызов–ответ», основанной на современных достижениях физики, химии. «Вызов» – это потребность общества в создании теории и практики получения материалов с заданными свойствами.

Новая революция в области материалов обязана во многом научному приборостроению, которое позволило визуализировать атомы и молекулы и приблизила материалогию к созданию, конструированию материалов «атом – к атому» (атомный синтез). Благодаря современной микроскопии положение атома в структуре материала больше не представляет особой тайны для исследователя. Теперь имеется возможность наблюдать за поведением атомов, молекул и их соединений, что даёт возможность изучения неограниченного синтеза перспективных материалов. Кроме того, создание материалов сверхпроводников, полупроводников, материалов квантовой электроники требует другого подхода в отличие от традиционного, реализуемого для конструкционных материалов преимущественно на железоуглеродистой основе. Новый подход требует использования квантовомеханических категорий, существенно отличных от тех подходов, которыми оперирует современное материаловедение.

Однако следует отметить, что выпуск традиционных железоуглеродистых сплавов не только не уменьшается, а продолжает непрерывно расти, и мировое потребление основных металлов (медь, цинк, свинец, олово, никель) также непрерывно повышается [121]. В [112] утверждается о неограниченных возможностях железоуглеродистых сталей, что век железа находится на начальном этапе. При этом Э. Хорнбоген [6] утверждает, что технические свойства материалов приобрели большее значение, чем электрические и магнитные. Так, полупроводники как особый класс веществ, были известны ещё с конца XIX в., широкое их применение определило промышленную революцию во второй половине XX в., определив технику миниатюрных электронных деталей (транзисторов), которые интегрировались в конечном итоге в кремниевых кристаллах. Успех получения и использования полупроводников, основанный на достижениях физики и химии твёрдого тела, способствовал ещё большему влиянию теоретического мышления.

В связи с этим в сферу наук о материалах вошли специальные разделы физики и химии – физика и химия твёрдого тела (ФТТ и ХТТ). Наряду с металлографией и металловедением они стали базовыми дисциплинами для науки о материалах – материаловедения, возникшей в середине XX в. (рис. 36, 37).

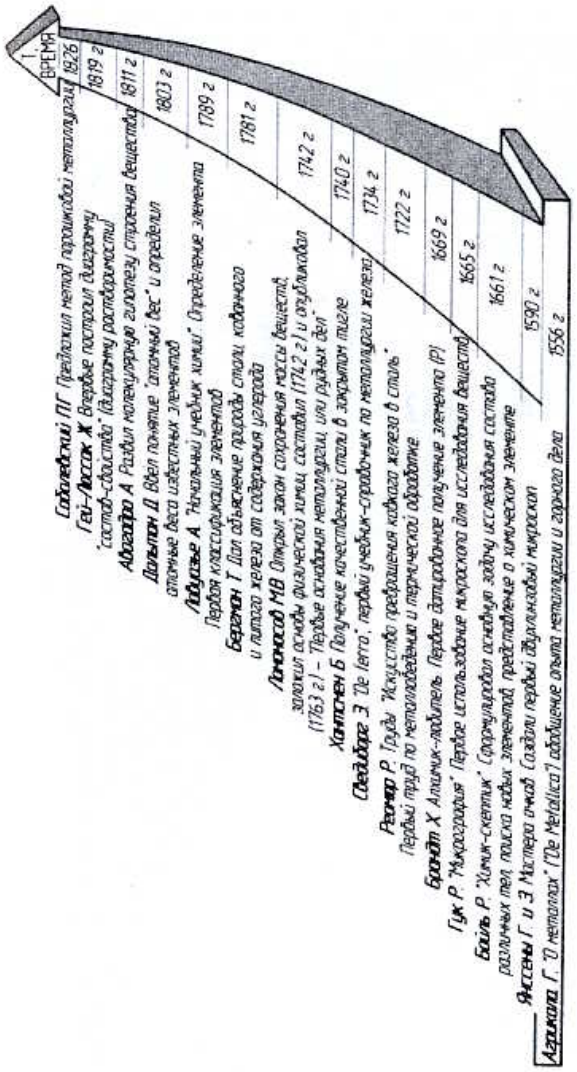


Рис. 36. Развитие науки о материалах до появления металлографии



Рис. 37. Становление и развитие металлографии и металловедения

Однако до сих пор остаётся актуальным вопрос, который можно сформулировать таким образом: сможет ли наука «Материаловедение» потенциально способствовать разработке теории и практики направленного синтеза материалов с заданными свойствами?

Для ответа на поставленный вопрос необходимо обратиться к истории становления и развития наук о материалах, так как ещё Аристотель утверждал, что познание невозможно без предварительного изучения истории предмета. При этом он впервые рассмотрел вопрос о материале, как «основной части вещи». От Аристотеля, предложившего принципы любой вещи, идут истоки науки о создании вещи.

Сам Аристотель своё учение о вещи излагал много раз и разными способами. Обобщая ряд комментариев [6, 18, 19, 88, 122, 123], можно кратко изложить то, что сам Аристотель называл четырьмя принципами любой вещи:

1) материальные, то из чего состоят вещи, их субстрат;

2) формальные, в которых формы проявляют себя, образуя сущность вещи;

3) действующие или производящие – рассматривающие источник движения и превращения возможности в действительность, энергетическая база формирования вещей;

4) целевая или конечная причина, отвечающая на вопросы «почему» и «для чего?».

Сенека [18], комментируя «принципы» (причины) получения вещи у Аристотеля, указывает следующее: материя, создатель (интеллект), форма (эйдос), намерение. При этом он упускает причину – энергию, которая указывается в большинстве работ [19, 35, 88, 122, 123]. По Платону, существует пять причин вещи. Пятой причиной является «образец» (идея, «эйдос»), которому подражал создатель при получении вещи. Следует отметить, что в практике современного материаловедения чаще используется метод не прямого, а обратного решения задачи, когда под созданный материал подбирается вещь. По меткому выражению Лякишева: «Материалы в поисках точного адреса» [120].

В противовес современным воззрениям на получение материала исходя из изучения взаимосвязи «состав–структура–свойства» (стратегический путь создания материала – «авось пригодится»), из глубины веков Аристотель показывает, что при создании материала необходимо исходить из вещи (директивный путь создания материала). Таким образом, задуманная,

требуемая вещь определяет материал. Чем сложнее вещь, тем больше требований к материалу. Через несколько веков Сенека [18] утверждал, что «в создании вещи участвует материя и причина», что слабее выводов Аристотеля, учитывающего потребность технологии и интеллекта. Через 2000 лет после Аристотеля В.И. Ленин гениально отметил [124, с. 178] «диалектика вещей создает диалектику идей». Столь же справедлива, по мнению авторов, и обратная формула: диалектика идей создает диалектику вещей. Так, сначала была идея подводного плавания, идея создания самолёта, полёта на Луну, робота и т. д., а затем их воплощение в создании вещи. Можно согласиться с Платоном, что вещи возникают «подражая идее, стремясь к ней как к цели, возникнув, вещь становится причастной к идее» [60]. Потребность человека в вещах высокого уровня («фиксированных откликах воздействия») создаёт также соответствующие «конструктивные оформления» идей («эйдосы» материалов, технологий и т. д.), мотивацию их создания. Следует отметить, что в японском прогнозе развития науки и техники [63] явно просматривается методология создания и получения материала под вещь, т. е. в соответствии с аристотелевскими принципами.

Однако гениальные идеи Аристотеля по получению вещей не были продолжены в его время (IV в. до н. э.). Производительные силы общества, производство материальных благ были в зачаточном состоянии. А затем эти идеи и вовсе были забыты. Анализ схемы Аристотеля (см. рис. 22) показывает, что в настоящее время форма и вещество предшествуют созданию материала для «вещи». При этом осознана необходимость энергетического воздействия для изменения не только формы, но и структуры, и состава вещества. Как видно (см. рис. 23), современное производство вещей несколько изменилось.

В большинстве случаев первоматериал M_o претерпевает последовательно изменения не только формы, но и структуры, а также химического, фазового состава до требуемого ($M_o \rightarrow$ до M_n). Воздействие энергии на материал происходит в заданных условиях с применением специального оборудования, приборов, что обозначает использование направленной технологии (от T_o до T_n). Использование интеллекта для получения вещи происходит с использованием последних достижений науки и практики.

Но главное – это движение материала от M_o до M_n. Аристотель отмечал, что существует движение вещи, но наука пошла по изучению механического движения вещи. По Аристотелю, движение является такой же основной категорией, как материя и форма вещей, что бытие имеет само-

движущую причину, которая, так или иначе, отражается и в реальной зависимости изменения одной вещи и движения других вещей.

Таким образом, можно отметить, что перед движением вещи существует движение материала. Современная наука о создании материалов этого практически не изучала. Современное материаловедение не изучает влияния технологии, интеллекта и движения материала от T_o до T_n, также как и воздействия на первоматериал технологии.

Исключительно большое значение имеет движение материала при получении вещи. В современной практике получение первоматериала из первоматерии в подавляющем большинстве случаев не заканчивается получением вещи. Первоматериал движется по направлению к получению вещи, претерпевая последовательно изменения формы, состава, структуры. Такое движение материала принципиально отличается от механического движения, мы его называем технологическим. Аристотель различает четыре вида движения:

1) возникновение и уничтожение;

2) качественное изменение, т. е. изменение свойств;

3) количественное изменение, т. е. рост и убыль (что применимо преимущественно к биологическим объектам);

4) перемещение, перемена места в пространстве.

Говоря о движении материала к вещи, можно предположить, что в этом случае ему присущи все четыре его вида.

Вопрос о движении первоматериала к изделию никогда не ставился в материаловедении. При этом придание формы вещи не должно приспосабливаться к свойствам материала в процессе производства, а наоборот, конечные свойства материала должны приспосабливаться к требованиям вещи.

Несмотря на гениальные работы древнегреческих мыслителей по созданию вещи (Аристотель), а также структуре материи (Демокрит, Платон, Аристотель), наука о материалах возникла только в XVIII – XIX вв., начиная с изучения состава, строения железоуглеродистых материалов при использовании оптических микроскопов (см. рис. 37).

Наука о материалах родилась в «век железа», и было естественным, что главным предметом исследования стало железо и его сплавы, являвшиеся главным конструкционным материалом развивающейся техники (табл. 13).

Таблица 13

Сравнительные характеристики металловедения, материаловедения и материалогии

Характеристика	Металловедение	Материаловедение	Материалогия
Цель и задачи	Изучение свойств металлических материалов, выбор необходимых металлов	Изучение свойств материалов	Изучение свойств материалов, создание и получение материалов с задуманными свойствами
Концептуальные основы	Взаимосвязь состава–структуры–свойств металлов и сплавов	Взаимосвязь состава–структуры–свойств материалов	Образование формы и поверхности материалов, круговорот материала в природе, взаимосвязь состава–технологии–структуры–свойств
Предмет исследования	Металлы и сплавы (преимущественно железоуглеродистые)	Неорганические и органические материалы (преимущественно железоуглеродистые, алюминиевые, титановые, магниевые, вольфрамсодержащие)	Неорганические и органические материалы (все), в том числе руды и концентраты, керамика и композиты, аморфные и наноматериалы
Методология	Методы подобия, аналогии, интерполяции, экстраполяции, диаграммы состояний сплавов	Прогнозирование возможных химсоединений с помощью ЭВМ, методы интерполяции, экстраполяции, корреляции, диаграммы состояния, мультивариационный анализ, статистические и кибернетические методы анализа	Расчёт электронной структуры материалов, банки данных, моделирование структуры материалов и технологии получения заданных свойств

Использование оптического микроскопа для описания структуры и состава металлов и определило становление первой науки – металлографии. Хотя название этой науки предложено Осмондом в 1892 г., её появление необходимо считать с 1831 г., когда П.П. Аносов использовал микроскоп для изучения структуры стали и воссоздания булатной стали (см. рис. 2).

Появлению металлографии предшествовал длительный инкубационный период, начавшийся с 1556 г., когда вышла из печати книга Георгия Агриколы «О металлах» [116], в которой подведен итог развития к этому времени металлургии, горного дела. Формированию металлографии способствовало в значительной степени изобретение микроскопа (см. рис. 37) и его использование для исследования структуры вещества, предпринятое впервые Р. Гуком.

Однако господство микроскопа продолжалось недолго, так как практика получения материалов требовала определения фазового и химического состава. В 1860 г. Р.В. Бунзен и Г.Р. Кирхгофф предложили метод спектрального анализа, а в 1912 г. У.Л. Брэтт заложил основы рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа. Эти методы позволяли уже исследовать взаимосвязь состава–структуры–свойств вещества и материала и послужили базой становления науки – металловедения в 1920 г. (см. рис. 37). Однако основным предметом исследования металловедения оставались металлы и их сплавы. В это время в народном хозяйстве началось использование и органических материалов. Предполагалось появление новой науки о материалах, которая предметом своих исследований ставит не только металлы, но и органические материалы. При этом начались работы по использованию теории электронного строения для создания перспективных материалов [22, 125–128], а также по прогнозированию возможных химических соединений с помощью ЭВМ [1].

Всё это способствовало появлению новой науки – *материаловедения* – в 1930–1950 гг. В связи с расширением предмета исследования материалов, появлением новых отраслей народного хозяйства сразу же начался процесс дифференциации науки о материалах. Появилось материаловедение: органическое, неорганическое, физическое, порошковое, полупроводниковое, статистическое, электронное, фрактальное, радиационное, космическое, нанофазное, авиационное, транспортное, строительное, текстильное и т. д. [79]. При этом число материаловедений непрерывно увеличивается. Это грозит превратить единую науку о материалах в ряд разрозненных, слабосвязанных «материаловедений». В связи с этим актуальным является на данном этапе интеграционный подход к развитию науки о материалах.

Материаловедение не способствовало созданию обобщающей науки, так как её концептуальная основа – изучение состава, структуры и

свойств – приводило к дифференциации науки по изучению различных классов (типов) материалов.

Для создания теории и практики получения новых перспективных материалов необходима иная концептуальная и методологическая основа. Постепенно назрела необходимость создания новой обобщающей науки о материалах с новыми целями и задачами, концептуальными основами.

3.1.2. Становление материалогии

Для целенаправленного создания материалов необходима прежде всего новая наука – наука о материалах – *материалогия*, которая должна включать лучшие достижения всех смежных наук. Но объединение достижений должно быть осуществлено не механически, а на базе новой концептуальной методологической основы (см. табл. 1).

При последовательном появлении и усложнении отраслей естествознания – механики, физики, химии, биологии – материалогия выступает в качестве логического научного обобщения истории самой природы. Природа дала человеку первоматерию, из неё человек должен создать для своих нужд материал и далее вещь. Для этого необходимы глубинные знания сущности первоматерии, возможности изменения состава, структуры, свойств, чтобы получить требуемый материал с заданными свойствами. Надо несколько уподобиться «божественному промыслу», т. е. изменить природу первоматериала, необходимого для создания вещи. Появление науки о материалах уже ожидает объект своего изучения: воздействие практической деятельности человека, направленное на первоматериал, и вовлечённые в производство средства деятельности с целью создания задуманных вещей, материальных благ. Да и материальные блага – это значение исходит от слова материя.

По мнению авторов, новая обобщающая наука материалогия должна иметь свои атрибуты, позволяющие решать проблему создания и получения перспективных материалов (табл. 13): цель и задачи; предмет исследования; концептуальные основы; методологические основы.

Созданию новой науки должно предшествовать фундаментальное обобщение развития и достижений наук о материалах, оно первоначально было сделано по инициативе Г.В. Самсонова [5, 6, 24, 114–120] и отчасти в работах [23, 79].

Исходя из принципиальной схемы получения вещи – сущности бытия по Аристотелю (см. рис. 22) – главной целью материалогии должно стать не просто создание материала, а материала для вещи (задуманного изделия), которое может выступать ещё только в виде идеи или быть уже в проекте.

В древние времена в качестве материала использовались преимущественно естественные материалы, и вопрос о создании искусственных не был актуален, что приводило к появлению искусственных материалов, созданных эмпирическим путём. В начале становления науки о материалах естественно возник вопрос об изучении их структуры и свойств. После появления микроскопии, спектрального и структурного анализов расширились возможности исследования материалов. В органической химии стал осуществляться направленный синтез материалов.

В материалогии важным является вопрос создания теории получения материалов с заданными свойствами, определёнными вещью. В этом аспекте представляется необходимым комплексное рассмотрение получения материала и вещи с использованием технологии (см. рис. 23). Технология получения и обработки материалов – важнейшая часть материалогии. В действительности теория и технология получения и обработки материалов развиваются до сих пор обособленно. Это связано и с тем, что большая часть материалов, применяемых сегодня в больших количествах (сталь, бетон), была разработана эмпирическим путём, до появления науки о материалах [6].

Целью же разумной деятельности человека является не изменение природы, данной Богом, а создание «второй природы», переработанной человеком части естественной природы для материальных условий его существования, т. е. создание в первую очередь вещей, а следовательно, и материалов. Кроме того, наука, как ни странно, упускала изучение движения материи к направлению вещи: первоматерия → материал → вещь.

Процесс преобразования видов связей в природе чрезвычайно многообразен и функционально предназначен для удержания их в форме той или иной конструкции природных средств деятельности (первоматерии) или искусственных (вещей, изделий). При этом как преобразование видов связей, так и удержание устойчивого их состояния предполагает движение, непрерывную передачу сил в том или ином направлении как для самих средств деятельности, так и для составляющих их связей (звеньев) на макро-, микро-, субмикро- и других уровнях.

Во времена Аристотеля не было сложного движения от первоматерии к вещи. Со временем происходило непрерывное усложнение преобразования первоматериала на пути к материалу для изготовления вещи. В настоящее время необходимо рассматривать не только движение вещи, но и движение первоматерии к первоматериалу и к вещи. При этом движении первоматерии к первоматериалу вначале происходит преимущественно изменение формы (отделение горных пород от массива, перемеще-

ние их в пределах горного предприятия, дробление кусковых материалов, дальнейшее измельчение). Затем первоматериал подвергается дальнейшему преобразованию, он является материалом для обогащения, преобразуется в концентрат – продукт обогащения полезных ископаемых (в химической промышленности – химический концентрат). Концентрат служит материалом для металлургического процесса, сложнейшего движения химических элементов и соединений до их вступления в связи устойчивого состояния при остывании и т. д.

В конечном движении материала к вещи он превращается в требуемое изделие, либо в составляющее его звено. В этом случае заканчивается формирование вещи, и её дальнейшее движение во время эксплуатации приводит к потере устойчивого состояния связей, распаду («смерти» вещи). Однако это движение связано с образованием из вещи нового материала (переплавка, новый химический состав, структура). При идеальном (будущем) круговороте вещества (рис. 38) весь материал вещи снова превращается в новый материал. Это важно для изучения процесса преобразования, круговорота вещества в природе, а также изучения возможности использования отходов производства для создания новых материалов. Поэтому одной из главных целей и задач материалогии является изучение общего круговорота материала от сырья к материалу для производства вещи и использования его к повторному применению, созданию новой вещи. Схема идеального цикла круговорота вещества, материала, вещи показана на рис. 38.

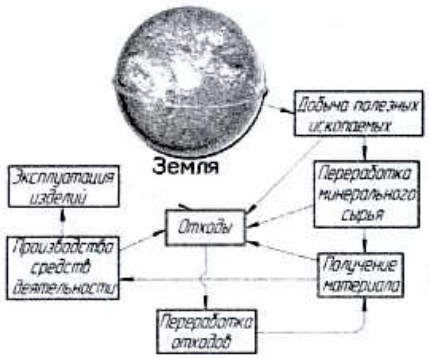


Рис. 38. Схема идеального цикла использования вещества материала и вещи

Эти вопросы должны решаться в рамках новой науки – материалогии. Как видно из табл. 1, концептуальные основы, цели и задачи, методология, предмет исследования материалогии значительно отличаются от таковых для металловедения и материаловедения и нацелены на создание и получение материала с заданными свойствами, пригодного для создания вещи.

В развитие аристотелевских принципов, с учётом их и платоновского «эйдоса» предлагается следующее обобщение принципов для создания вещи:

1) назначение материала и вещи;
2) интеллектуально-творческий потенциал;
3) материя (вещество);
4) состав;
5) технология, движение материала к вещи;
6) структура;
7) образец (эйдос), материал для вещи.

В соответствии с этим концептуальные основы материалогии должны соответствовать схеме: состав–технология–структура–форма–свойства–вещь. И в общем случае: функциональное назначение вещи (предполагаемые свойства) – состав–технология–структура–свойства заготовки (полученные с новой структурой, формой) с повтором схемы в движении к вещи: состав–технология–структура–свойства (с новым составом, структурой конечной формы вещи).

На основании изложенного видно, что современное материаловедение не сможет дать ответ на вызов сегодняшних требований к науке о материалах. Ответ должен заключаться в создании теории и практики получения материалов с заданными свойствами.

Необходим новый подход для рассмотрения этого вопроса. Легко заметить, что первоматериал проходит ряд этапов при движении к вещи (рис. 39).

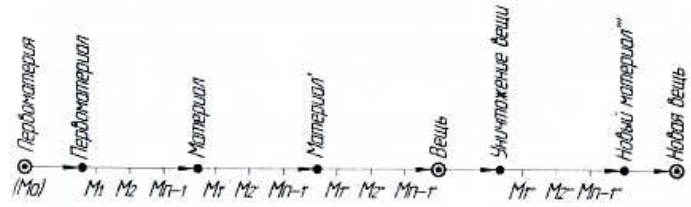


Рис. 39. Технологическое движение материала к вещи и вещи к материалу (направленное движение); (•) – точка на пути движения, в которой материал или вещь изменяет состав, структуру, форму

При движении первоматериала $M_o \rightarrow M_n$ к вещи, он приобретает постепенно заданную структуру, состав, свойства. Воплотившись в вещь, материал движется вместе с ней к её «гибели». Начало первого этапа ($M_o - M_1$), при котором возможно получение материала непосредственно из минерального сырья (рис. 39), авторы назвали минералогическим (минералогическая материалогия). При этом можно выделить три этапа: *первый* – материальный (движение к проектному материалу); *второй* – вещественный (материал движется в составе вещи); *третий* – возобновляемый.

Подчеркиванием форм движения материи при рассмотрении развития наук исследователи игнорировали роль вещи и искусственных материалов, хотя Ф. Энгельс и писал, что «существеннейшей и ближайшей основой человеческого мышления является как раз изменение природы человеком» [25, 67]. По мнению авторов, размышления об изменении природы являются не точными, а скорее ошибочными.

Следует отметить, что в середине XIX в. почти одновременно целым рядом учёных и философов, в частности немецким химиком-органиком Ф.А. Кекуле, на основании изучения истории развития естественных наук была предложена идея их иерархии в форме четырёх последовательных ступеней: механики, физики, химии, биологии. На рис. 40 показана схема их упорядочения по времени T и последовательному формированию по условной мере сложности, или организованности присущего им материала M.

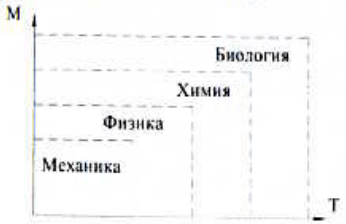


Рис. 40. Иерархия становления основных естественных наук (по Ф.А. Кекуле)

Важным заключением советской науки является положение о единстве всех факторов. В марксистской литературе, посвящённой анализу научного познания, показано, что имеются три группы факторов, определяющих появление и развитие наук:

1) различные ступени материальной организации природы и соответствующие им формы движения материи;

2) социально-исторические условия, создание материальных благ;

3) внутренние источники развития науки как одной из форм предметно-практической деятельности, создание духовных благ.

В соответствии с указанными факторами появление материалогии (с её важным разделом – минералогической материалогией) является закономерным шагом на пути становлении новой, фундаментальной науки (рис. 41).

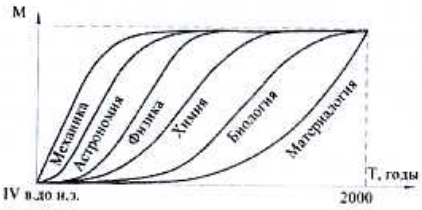


Рис. 41. Основные естественные науки на современном этапе их становления и развития

Среди ближайших задач материалогии можно назвать ряд направлений.

1. Исследование круговорота веществ и материалов с целью решения дефицита минерального сырья и материалов на основе комплексной его переработки, в том числе отходов производства, бытовых отходов. Необходимо учитывать весь цикл жизни материала и организовать его таким образом, чтобы загрязнение окружающей среды было минимальным для обеспечения устойчивого развития общества.

2. Разработка технологий получения веществ и материалов в плазменных, лазерных котлах с безотходным, экологически чистым производством. Исследование процесса получения элементов и соединений в плазменном котле с полным использованием первоматерии без загрязнения окружающей среды.

3. Использование нанотехнологий для целенаправленного создания материалов с микроструктурой, которая находит свои связи в размерах атома. В этом направлении возможности для конструирования материалов практически не ограничены, но приобретают значение квантовомеханические аспекты, которые требуют новых знаний, высокого уровня квалификации работников и сложного оборудования.

4. Создание методологии материалогии. В настоящее время множество существующих знаний в области материалов оптимизируется в рамках моделирующих программ. В этом случае можно ожидать проникновения в «верхние этажи» теории и практики создания материалов.

5. Интегрированное рассмотрение общей последовательности циклического преобразования веществ в материал и изделия. Одними из важнейших научных инструментов могут являться термодинамика и синергетический подход, новые знания естественных наук, которые укажут путь к удержанию равновесия, к «этике» окружающей среды, к устойчивому развитию цивилизации.

6. Обобщение результатов исследований и работ по органическим материалам и формирование органического материаловедения.

7. Обобщение результатов исследований и работ в области материаловедений (различных), металлургии, химического органического синтеза и других наук о материалах для формирования материалогии.

8. Разработка концептуальных, методологических основ материалогии.

9. Становление и развитие минералогической материалогии.

3.1.3. Об одной из важных страниц в истории отечественного материаловедения – новая парадигма материаловедения

Выдающийся материаловед Г.В. Самсонов прожил всего 57 лет. Им написано более 1200 научных работ, в том числе 40 монографий [129]. Такое большое количество печатных научных работ, посвящённых неорганическому материаловедению, часто вызывало недоумение, а иногда и раздражение у тех, кто не видел титанического труда «Самсона». Высокая общая культура, принципиальность, педагогический такт, энциклопедические значия, страстная увлечённость наукой привлекали к нему талантливую молодёжь. Его «наследие» – 150 кандидатов и более 20 докторов наук [129, 130]. Не случайно, фундаментальная монография, вышедшая после смерти Г.В. Самсонова, «Неорганическое материаловедение в СССР», посвящена его памяти [115]. Журнал международного Института спекания «Science of sintering» посвятил два выпуска его памяти [131, 132]. Большое количество печатных работ в области неорганического материаловедения не было самоцелью для Г.В.Самсонова; они должны были быть «кирпичиками» фундамента, на котором возводилось основное здание – *принципы создания неорганических материалов.* По словам С.Я. Плоткина [129], «его мечтой было написание препаративной химии тугоплавких соединений всех классов». Г.В. Самсоновым и его учениками были разработаны и уточнены свойства более 400 тугоплавких соединений [129, 133]. По предложению профессора М.М. Ристича [134, 135], металлоподобные твёрдые тугоплавкие соединения – бориды, карбиды, нитриды, алюминиды, силициды, фосфиды и сплавы на их основе были названы *самсонидами* из уважения к памяти Г.В. Самсонова.

Ему хотелось всё обилие накопленного материала нанизать на один стержень; чем больше на нём информации, тем точнее он показывал направление к созданию материалов с высоким уровнем физико-химических и эксплуатационных свойств. До последних дней он с любовью формировал его, это была так называемая *конфигурационная модель вещества* [125, 126, 136 –138].

Конфигурационная модель вещества. Уже в зрелые годы Г.В. Самсонов пришёл к выводу, что задача прогнозирования свойств материала может быть сведена к описанию особенностей их электронной структуры. Вслед за Юм-Розери, Самсонов пришёл к убеждению, что прогресс материаловедения возможен лишь при условии соответствующего прогресса электронной теории, которая должна лежать в основе описания материалов [137, 138], и направил усилия на разработку принципов создания материалов (ПСМ). Они состоят в следующем [125–127, 136, 137]:

1) в сплавах и соединениях на основе переходных металлов возможно сосуществование двух взаимодействующих подсистем электронов – коллективизированных и существенно локализованных;

2) электроны второй группы должны описываться не картиной блоховских волн, а картиной квазиатомных (конфигурационных) электронных состояний, сохраняющих все атомные характеристики;

3) электронные состояния конфигурационного спектра обладают различной стабильностью – энергетической характеристикой конфигураций. Наиболее стабильными из них являются незаполненные, полузаполненные и полностью заполненные конфигурации.

Идея *третьего принципа* Самсонова – постулирующего максимальную стабильность электронных d^0-, d^5- и d^{10}-состояний в конденсированных системах не была принципиально новым знанием. Указания на повышенную энергетическую устойчивость состояний такого типа содержались в работах Бете, Юм-Розери, Полинга и Брюэра. Однако Самсонову принадлежит приоритет в использовании этих идей, как принципа, регулирующего «взаимоотношение» *s*-, *p*- и *d*-электронов в конденсированных системах и определяющего интересующие материаловеда тенденции в изменении фазовой устойчивости, структуры и свойств сплавов *d*-элементов. Г.В. Самсонов предложил критерий для оценки относительной стабильности d^n-конфигураций [127]. Конфигурационная модель вещества (КМВ) М.В. Самсонова с самого начала была ориентирована на то, чтобы максимально возможно отобразить химическую природу элемента, наличие ге-

нетической связи между его строением в изолированном и конденсированном состояниях. Фактически это означало решение фундаментальной проблемы – возвращение в кристалл атомов, которые были потеряны в нём при использовании одноэлектронно-зонной модели [126, 137].

Кроме КМВ, для разработки принципов создания материалов с наперёд заданными свойствами Г.В. Самсонов придавал исключительное значение классификации в материаловедении, а также взаимосвязи состава, структуры и свойств материала, «принципам» работы материала.

Становление материаловедения. В литературе не имеется общепризнанной классификации в материаловедении. Общеизвестно, что наиболее используемый человеком в практике материал определяет историческую эпоху каменного, бронзового и железного веков [112, 139, 140]. При этом можно отметить тенденцию непрерывного увеличения числа материалов, а также повышения уровня их физико-химических и эксплуатационных свойств. Особенно это заметно в железном веке, когда выбор необходимого материала, среди известных, стал сложной задачей. С одной стороны, это требует разработки научных основ классификации и создания банков данных по материалам. С другой стороны, практика требует разработки новых материалов с заданными свойствами, что невозможно без изучения взаимосвязи состава, структуры и свойств материала.

Таким образом, в начале XX в. возникла настоятельная необходимость в обобщении данных по взаимосвязи состав–структура–свойства, разработке теоретических основ создания материалов с наперёд заданными свойствами. В это время, в период бурно развивающейся промышленности, преимущественно использовались металлы и сплавы. Новая наука о материалах стала называться металловедением. Термин «металловедение» был введён в 20-х гг. XX столетия в Германии [141] и, естественно, его научной базой стала металлофизика [48, 95, 101, 142, 143].

Однако с середины XX в. наблюдается тенденция относительного снижения использования сталей и повышения доли других материалов, таких как пластмассы, композиты, керамика [144–148]. Рамки металловедения оказались узкими для развивающейся науки о материалах. В связи с этим появился новый термин – «материаловедение» [143], который означал появление новой науки о материалах, где металловедение стало составной частью. Появление новой науки означало не только расширение использования в технике различных классов материалов, но и начало нового века (эпохи) в материальной культуре человека. Эта эпоха уже не может быть названа по наиболее используемому в настоящее время материалу. Мы – свидетели качественно нового века в использовании и

создании материалов с наперёд заданными свойствами – века целенаправленного конструирования материалов. Это потребовало качественно нового подхода к изучению взаимосвязи состав–структура–свойства и созданию материалов, например, использование химии твёрдого тела, банков данных по материалам, компьютерного конструирования материалов [1, 149–151].

Однако появление новой науки о материалах – материаловедения, не стало началом разработки его классификации. По аналогии с металловедением материаловедение подразделяют на практическое [112, 137, 146, 147, 152, 153] и теоретическое [112, 137, 153, 154]. При этом некоторые исследователи считают, что теоретической базой материаловедения также является металлофизика [114, 139, 154]. Кроме того, в литературе появились термины: неорганическое [115], физическое [114, 138, 139, 154], порошковое [140, 155], полупроводниковое [156], статистическое [149], электронное [137, 138], фрактальное [157] кибернетическое [158], радиационное [159], космическое [160], физическое материаловедение карбидов [161] и т. д. В учебниках для вузов [144, 145, 148, 162] материаловедение подразделяется на два больших раздела: металловедение и неметаллические материалы, что, на взгляд авторов монографии, является неудачным, так как к неметаллическим материалам относятся неорганические и органические материалы.

Следует отметить, что Г.В. Самсонов уделял исключительное внимание разработке классификации в материаловедении. Он считал, что классификация должна быть основана на рассмотрении особенностей электронной структуры материалов. Разработанная Г.В. Самсоновым классификация тугоплавких металлов и соединений основана на обобщении данных по свойствам и электронному строению веществ. Созданная классификация отражает то главное, что определяет отличительные особенности в формировании свойств тугоплавких металлов и соединений и поэтому представляет огромный интерес и научную ценность для материаловедов [163, 164]. Но на современном уровне развития материаловедения не представляется возможным разработать классификацию в материаловедении, основанную на особенностях электронного строения материалов. В связи с этим авторы предлагают классификацию в материаловедении [165], основанную на разделении его, в первую очередь, на неорганическое и органическое. При этом теоретической основой неорганического материаловедения является физика и химия твёрдого тела (ФТТ и ХТТ).

Физико-химический анализ и синтез объединяют ФТТ и ХТТ в одно неразрывное целое, что оправданно считается научной основой материа-

ловедения. Неорганическому материаловедению посвящён ряд фундаментальных работ [155, 166–168], тогда как по органическому – их практически нет. Это подтверждают публикуемые данные Международного общества материаловедов *TMS* (США) [169]. Полагаем, что органическое материаловедение ещё не сформировалось как самостоятельная часть материаловедения. Несмотря на, казалось бы, бессистемность рассматриваемых *TMS* вопросов, можно констатировать, что в подавляющем большинстве случаев они относятся к металлам. Кроме того, можно отметить, что материаловеды уже рассматривают вопросы, связанные с обогащением минерального сырья. Это подтверждает разделение неорганического материаловедения на материаловедение металлов (металловедение) и неметаллических материалов. Основное значение в металловедении придаётся цветным металлам и сплавам, в то время как вопросы металлургии железа и его сплавов практически не рассматриваются, хотя в отечественных учебниках основное внимание уделяется сплавам на основе железа.

Металловедение можно классифицировать на подгруппы: функциональных материалов, металловедение различных групп (классов) материалов, материалов по областям применения. Кроме того, авторы монографии выделяют в самостоятельные разделы металловедение теоретическое и технологическое.

При создании или выборе материалов в пределах различных групп основное влияние оказывает знание результатов исследований взаимосвязи состав–структура–свойства при заданном внешнем воздействии.

Исследование взаимосвязи состав–структура–свойства материалов.

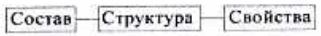


Рис. 42. Основные связи при решении задач прогнозируемого синтеза (традиционная схема)

В работах [54, 79, 80, 114, 115] отмечается, что изучение взаимосвязи состав–структура–свойства материалов является основной задачей материаловедения (рис. 42). В большинстве случаев в работах отечественных и зарубежных исследователей анализируются отношения типа состав–свойство, структура–свойство и т. д. и используются методы физико-химического анализа.

Однако даже материаловедам малоизвестно, что на взаимосвязь состав–технология–структура–свойства материала впервые, ещё три века назад, обратил внимание М.В. Ломоносов (рис. 43).

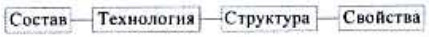


Рис. 43. Замеченные М.В. Ломоносовым основные взаимосвязи при создании материалов

Так, сравнивая по составу медь и сплавы железа, М.В. Ломоносов пишет: «Вязкость его (железа), хотя и нарочита, однако меньше, нежели меди. Железо разделяется (по технологии) на два рода, на литое и на кованое; литое называется обыкновенно чугуном и имеет в себе (по составу) ещё постороннюю, грубую, земляную материю, и для того бывает ломко. Кованого доброта (свойство) распознаётся по следующим признакам. 1) Ежели которое в лому имеет крупные, плоские и светлые зёрна неравной величины и разной фигуры, то весьма ломко и в дело почти негодно. 2) Чем зёрна мельче и величиною и фигурою сходне, тем оно к делу удобнее. 3) За лучшее почитается то, которое состоит из жилок, лежащих вдоль по пруту; оно тем превосходнее, чем оные зёрнышки мельче, а особливо когда оно в лому жиловато, как изломленное дерево, и притом от молота не щелится и плёнок не показывает и, будучи раскалено добела, тянется, как густая смола. Упругостию уступают железу все металлы, которая может быть в нём чрез искусство умножена, равно как и твёрдость. В такое состояние приведён будучи, сей металл называется сталью. Звонкость в нём меньше, нежели в меди, но сталь звонче, нежели простое железо» [170]. Далее в своей работе Ломоносов даёт описания других материалов.

И только в 1976 г. одним из видных материаловедов России Г.В. Самсоновым был вновь поднят вопрос взаимосвязи состав–технология–структура–свойства [127] и значительно проработан – до уровня основной парадигмы материаловедения (рис. 44).

Зависимость типа свойства: $F = f(\Phi)$ параметрически выражается через структуру посредством двух функциональных связей:

1) свойства: $(F) = f$ (структура);

2) структура: $(\psi) = f$ (состав) с очевидным законом взаимосвязи этих трёх функций: $F = \Phi \cdot f \cdot \psi$ (рис. 44).

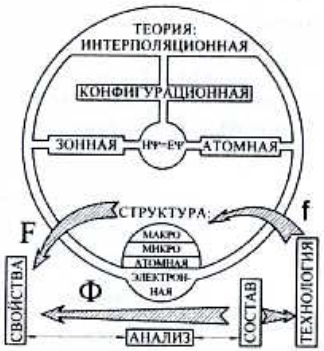


Рис. 44. Парадигма Г.В. Самсонова состав–технология–структура–свойства, где Ф, *f*, F – функциональные зависимости составляющих звеньев

В связи с этим в работах Самсонова в качестве ключевой характеристики материала входит категория структуры. Использование этой характеристики наряду с понятиями «технология» и «свойства» знаменовало начало важного этапа его научной деятельности. Он часто повторял, что изучение мате-

риала осуществляется в три этапа: на уровне дефектов и несовершенств кристалла; на уровне кристаллической структуры; на уровне электронной структуры.

При этом им признается своеобразная структурная (ψ) иерархия: макроструктура–микроструктура–атомная (дислокации, точечные дефекты, примеси, нестехиометрия)–кристаллическая–электроннаая структуры. Каждый из этажей этой иерархии самостоятельно влияет на структурные свойства и может рассматриваться самостоятельно. Все этажи структур объединяются в единое целое, так как между различными этажами существует взаимодействие и каждый из верхних этажей может быть описан достаточно глубоко лишь в терминах более детального структурного уровня. Электронная структура занимает особое место в этой иерархической последовательности структур. Она не может быть выражена через структуру более глубокого уровня на данном этапе развития науки и должна выводиться из «первых принципов» – наиболее общих законов, описывающих движение материи, в частности, из уравнения Шрёдингера [86]. В соответствии с этим некоторые исследователи расценивали это положение об иерархии структур как возможность сопоставления различных свойств материала с электронной структурой. Правомерность сопоставления свойств материала с электронной структурой возможна только в случае, когда эти свойства структурно нечувствительны.

Исследование взаимосвязи состав–структура–свойства при различного рода внешних воздействиях можно представить схемой получения новых функциональных материалов (рис. 45).



Рис. 45. Классическая схема получения новых функциональных материалов

В связи с классическим определением материаловедения можно догадаться, что исследование взаимосвязи состав–структура–свойства осуществляется с использованием методов интерполяции, экстраполяции, корреляции и т. д. При этом игнорируется влияние технологии на состав–структуру–свойства материала. Таким образом, классическая схема получения функциональных материалов не позволяет решать проблему синтеза заданных материалов.

Дальнейшим шагом в этом направлении был подход, развиваемый Г.В. Самсоновым [126, 127, 136], учитывающий технологию (химический состав, условия получения, методы и режимы, обработки, методы композиции) и использование мультивариационного и физико-химического анализов для прогнозирования свойств и получения материалов (рис. 46).



Рис. 46. Прогнозируемая схема получения новых функциональных материалов

Учёт технологии для прогнозирования и создания был значительной вехой в материаловедении, однако применительно к функциональным материалам, этот подход не учитывал условия эксплуатации создаваемых материалов. Следует отметить, что Г.В. Самсонов неоднократно отмечал необходимость учёта принципа работы материала. С учётом этого принципа схему получения материалов можно представить как принципы работы материал–состав–технология–структура–свойства (рис. 46).

В данном случае требования к составу, структуре и свойствам материала определяются из принципов работы материала (рис. 47), которые являются базой для компьютерного моделирования.



Рис. 47. Реальная схема получения функциональных материалов

В результате расчёта необходимых состава, структуры и свойств осуществляется выбор (расчёт) технологии получения и обработки материалов. После получения заданного материала осуществляется исследование его свойств. В зависимости от полученных свойств материала может быть осуществлена корректировка структуры, состава и технологии его получения и обработки. Однако в настоящее время не представляется возможным для функциональных материалов определить состав, структуру и свойства, используя только компьютерное моделирование. В связи с этим предлагается упрощённая схема получения функциональных материалов (рис. 47). Данная схема получения функциональных материалов использовалась авторами при создании электродных материалов для электроэрозионной обработки.

3.2. Материалогия – наука о принципах выбора и создания материалов с заданными свойствами в условиях устойчивого развития

3.2.1. Определения науки о материалах

В середине XX в. сформировалась новая наука – материаловедение, дословно – знание о материалах. Это событие прошло практически незаметно, хотя являлось важной вехой в развитии науки о материалах и технологических возможностях человека. В отечественной литературе нет систематических сведений о становлении и развитии материаловедения, его основополагающих идеях и парадигмах, хотя в ряде фундаментальных монографий, вышедших под редакцией выдающихся материаловедов И.Н. Францевича и В.И. Трефилова, освещены некоторые итоги развития неорганического и физического материаловедения в СССР 1983–1986 гг. [114, 115], в которых уже просматривались новые идеи и положения, не укладывающиеся в рамки общепринятого определения материаловедения (металловедения) как науки, изучающей взаимосвязь состав–структура–свойства материалов (металлов).

Практически одновременно с появлением русского термина «материаловедение» подобный термин появился и в Германии – *«WerkstoffKunde»* (знание о материале). Аналогично термин «материаловедение» звучит и по-украински – «материалознавство» (знание о материале). В англоязычной научной литературе, а также в литературе ряда стран появилось обозначение новой науки, как *«Materials science»*, но с другим смысловым значением – наука о материалах. Такое название науки принципиально отличается от вышеприведённых и охватывает очень широкий круг проблем, связанных с материалами. На взгляд авторов, давать такое обобщённое определение новой науки – всё равно, что говорить о науках о Земле, Космосе, Человеке и т. д., и непонятно, чем в таком случае она отличается от науки о материи, возникшей в глубокой древности [117] и связанной с первыми парадигмами Демокрита и Аристотеля в рамках познавательной идеи [172].

Следовательно, можно утверждать, что в литературе нет однозначного, обоснованного определения науки о материалах. В то же время вопрос о её терминологической определённости имеет большое научное и практическое значение. Известно, к чему приводило неправильное определение отдельных наук в прошлом (например, кибернетики).

С. Смит справедливо заметил [171], что «правильный подход к бурному развитию материаловедения может оказаться более важным, чем создание нового материала». По мнению авторов, правильный подход к науке о материалах, особенно обоснованная терминологическая определённость, необходимы, прежде всего, для создания материалов с заданными свойствами.

В связи с вышеизложенным сразу же возникает ряд естественных вопросов.

1. Равнозначны ли понятия «материаловедение» и «наука о материалах»?
2. Существовала ли наука о материалах до середины XX в., т. е. до появления материаловедения?
3. Каковы истоки, задачи и парадигмы науки о материалах?
4. Можно ли сформулировать обобщённое понятие (единый термин) наук «материаловедение» и «науки о материалах»?

Ответы на эти вопросы необходимо искать в истории развития науки о материи, веществе и материале. Следует отметить, что значимость исторического подхода к изучению различных наук особенно подчеркивал С.И. Вавилов [173]. В этой связи необходимо отметить, что известный материаловед С. Смит [171] утверждал, что наука о материалах такая же древняя «как и философия, как и сама наука». Аналогичное утверждение можно встретить и в работе Р.Ф. Мейла [117]. В таком случае, непонятно использование термина «наука о материалах» (Science of materials), который применяется для обозначения самой науки о материалах, зародившейся ещё в IV–V вв. до н. э., а также науки, возникшей в 50-х гг. прошлого века, ставшей самостоятельной наукой и педагогической дисциплиной. По мнению Ч.В. Копецкого, главным отличием материаловедения от металловедения является физический и количественный подходы к проблеме материалов, а также разнообразие используемых материалов, применение достижений математики, физики, вычислительной техники, физикохимии, химии. Однако это только внешняя сторона формирования материаловедения. Имеются и более глубинные причины его возникновения.

Можно утверждать, что ещё в глубокой древности в области науки о материалах появились две основополагающие идеи – познавательная и практическая [172], которые до XVII–XVIII вв. развивались совершенно независимо и самостоятельно друг от друга. Если познавательная идея развивалась трудами философов, затем химиков и физиков, в основном при изучении строения вещества, то практическая идея (создание искусственных материалов) развивалась на протяжении многих веков эмпириками (в ряде случаев – гениальными). Практическая идея имела более долгий инкубационный период XVIII–XIX вв. и развивалась усилиями в основном металлургов. Однако постепенно металлурги начали впитывать и внедрять достижения познавательной идеи. История человеческого общества, начиная с древности и до настоящего времени, условно подразделяется на каменный, бронзовый и железный века (эпохи), названные по преимущественному использованию того или иного материала в орудиях труда. Превалирующее влияние на получение металлических материалов в пределах бронзового и железного веков оказали достижения металлургии, добытые преимущественно из эмпирического опыта. Потребности металлургии способствовали развитию химии, что в свою очередь, приводило к развитию металлургии.

Следует отметить, что с древнейших времен и до XVIII–XIX вв. металлург был одновременно и горняком, и обогатителем, и химиком, и технологом по обработке материалов. Первым обобщением эмпирического опыта по получению металлов стал фундаментальный труд Г. Агриколы «О металлах», изданный в 1556 г. (рис. 48).

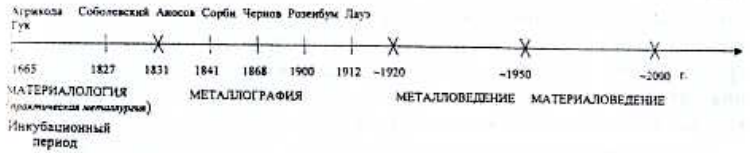


Рис. 48. Развитие науки о материалах (в пределах практической идеи)

Железный век стал веком массового производства стали и чугуна, явившихся фундаментом научно-технической революции XIX–XX вв. Было бы преувеличением говорить, что массовое производство сотен марок чугунов, сталей, а также других металлических материалов получено благодаря достижениям только фундаментальной науки. Однако уже в XVIII–XIX вв. стало очевидным, что дальнейший прогресс в области создания новых материалов невозможен без поддержки фундаментальной науки. Кроме того, результаты исследований науки о материалах требовались прежде потребителям материалов (сведения о товаре), а также производителям для возможности улучшения эксплуатационных свойств материалов. Для потребителей металлов были важны физико-химические и, особенно, эксплуатационные свойства (твёрдость, прочность, ударная вязкость, износостойкость, коррозионная стойкость и др.). Производителей же металлических материалов интересовала, кроме того, ещё и взаимо-

связь их состава, структуры и свойств при различного рода воздействиях на металлы (механических, тепловых, электрических и др.) для возможного улучшения свойств металлов.

Ещё в глубокой древности покупатели оценивали качество металла, например, по режущим свойствам, излому, по определённым узорам на поверхности (дамасская сталь). Эти данные были первыми сведениями, необходимыми для создания сплавов с более высоким уровнем свойств. Однако научно обоснованные механические испытания материалов начались после определённого развития механики и изучения механических свойств (предположительно с 1850 г.) [174]. Металлурги интуитивно осознавали, что свойства металлических сплавов зависят не только от химического состава, но и в значительной степени от макро- и микроструктуры. В связи с этим уже с XVII в. предпринимались попытки исследовать и описать структуру металлов с помощью увеличительных стекол и оптических микроскопов.

Следует отметить, что первые исследования в этом направлении выполнил известный учёный Р. Гук [175]. Таким образом, можно считать, что первый инкубационный период в развитии практической идеи окончился в 1556 г. после опубликования Г. Агриколой фундаментального труда «О металлах» и начала использования микроскопов для исследования материалов. Этот период можно отметить как начало подлинной науки о металлах и использования науки в металлургии (рис. 48).

Однако настоящее начало металлографии – науки о макро- и микроструктуре металлов и сплавов и закономерностях её образования было положено работами П.П. Аносова (1931) и Сорби (1841) [117]. Важнейшим шагом в развитии металлургии явилось изобретение П.Г. Соболевским метода порошковой металлургии (рис. 48).

Существенным вкладом в развитии науки о материалах явилось открытие и исследование Розенбума (1900) фазовой диаграммы железо–углерод. В 1912 г. М. Лауэ открыл явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллах, что позволило изучать состав и структуру металлов и сплавов, а также значительно расширило возможности изучения микроструктуры (атомной, кристаллической и электронной). Всё это способствовало тому, что металлография стала (~ в 1920 г.) частью более обширной науки, которую в СССР назвали металловедением, а в Германии подобным названием – *MetallKunde* (*Kunde* – ведать; то же, что знать, т. е. знание о металлах). Дословно *MetallKunde* можно перевести и как товароведение, отрасль знаний о металле как о предмете торговли, его свойствах, сортах, потребительском значении [176–179]. Следовательно, в Германии слово *MetallKunde* аналогично слову «металловедение» и

предполагает знания о металлах, его сортности. В таком случае можно согласиться с авторами [146], что металловедение – это прикладная наука, которая развивалась в соответствии с практической идеей. В англоязычной литературе наука о металлах имеет несколько иной смысл *Metallurgy* – металлургия, металловедение, либо *metallurgical science*, либо *metallurgy adapting*, либо *science of metals* [180, 181]. В англоязычной литературе физическое металловедение *(Physical Metallurgy)* также связано с металлургией [154, 182–188]. Таким образом, в англоязычной литературе название науки о металлах имеет большее отношение к их производству – металлургии, т. е. также имеет прямое отношение к развитию практической идеи.

В связи с тем, что металлургия включает процессы получения металлов из руд и других материалов, а также изменение химического состава, структуры и свойств металлических сплавов, требовалось, прежде всего, использование достижений химии, в частности химии твёрдого тела.

3.2.2. Металловедение

Однако для решения основной задачи металловедения – установления и исследования взаимосвязи состав–структура–свойства – потребовались достижения физики твёрдого тела, которая развивалась в русле познавательной идеи. В этой связи появилась наука – металлофизика, которая стала базовой для металловедения [118].

Оформившись в самостоятельную науку к 1920 г., металловедение в значительной мере утратило связь с металлургией и разделами химии, занимающимися процессами получения металлов из минерального сырья. Такое неправильное положение дел справедливо охарактеризовал Е.М. Савицкий [158]: «Металловед обязан интересоваться всей цепочкой переработки минералов и соединений, получения металла, начиная от руды и кончая готовой конструкцией...».

Из определения металловедения следует, что оно изначально не ставило перед собой прямой задачи создания новых материалов, так как основным материалом в течение многих столетий были железоуглеродистые сплавы, и на практике основной проблемой был выбор необходимого сплава среди множества выплавленных металлургами. Однако подлинное начало развития науки о материалах в рамках практической идеи началось с установлением Д.И. Менделеевым Периодического закона, т. е. первой парадигмы: состав–свойства элементов. С установлением первой парадигмы в рамках практической идеи закончился второй инкубационный период.

Уже в начале прошлого века начали широко использоваться в качестве материалов элементы практически всей Периодической системы и сплавы на их основе, а также пластмассы, керамика, полупроводники и т. д. Стало очевидным, что основных положений металловедения и металлофизики недостаточно. Кроме того, все отчётливее стала оформляться основная задача – создание новых материалов с заданными свойствами [118].

3.2.3. Материаловедение

Как уже указывалось, в середине прошлого века возникает новая наука – материаловедение (см. рис. 37, 48), включающая металловедение как составную её часть. Однако с появлением и становлением материаловедения практически ничего принципиально нового в науку о материалах не было привнесено. По образному выражению [158]: «Всего 30...40 лет назад понятие "материаловедение" практически означало "металловедение"». Р.А. Андриевский также отмечал [198, 199], что термины «металл», «металловедение», «металлургия» за рубежом и, в частности, в Великобритании, где особенно сильны традиции физического металловедения, практически исчезли из наименований многих кафедр, институтов и журналов. Они уступили место более общим понятиям, таким как «материал», «материаловедение» и «технология материалов». На практике в большинстве случаев дело закончилось тем, что в учебники по металловедению включили раздел по неметаллическим материалам и всё это назвали материаловедением.

Новую науку в СССР и Германии назвали по аналогии с металловедением, заменив слово «металл» на «материал». В отечественных учебниках, справочниках, энциклопедиях определение материаловедения аналогично определению металловедения, только слово «металл» заменено на слово «материал» – «установление взаимосвязи состава, структуры и свойств металлов (материалов) при различного рода воздействиях на них» [146].

Следовательно, ни металловедение, ни материаловедение не ставят перед собой задачу по выбору и созданию материалов с заданными свойствами, хотя среди материаловедов интуитивно давно созревала идея – задачей материаловедения должна быть теория и практика создания материалов с заданными свойствами [115, 118]. Однако попытки навязать материаловедению новые задачи по созданию материалов, по-видимому, не имеют успеха [191].

В связи с изложенным можно сделать вывод, что возникла потребность в становлении новой науки о материалах, основной задачей которой было

бы получение материалов с заданными свойствами. Эта наука должна объединить достижения познавательной и практической идей и включать материаловедение как составную часть.

Недовольство нынешним состоянием материаловедения в полной мере выразил П.А. Ребиндер [192], который был сторонником создания «активного» материаловедения. Он отмечал, что новое «активное» направление науки о материалах призвано, очевидно, заменить противоречащее всем нашим представлениям о науке направление, носившее явно устаревшее название «материаловедение». При этом он утверждал, что основой «активного» материаловедения должна быть физико-химическая механика материалов, основанная на применении данных и методов молекулярной физики, физики твёрдого тела, механики материалов, а также технологии. Он также отмечал, что: «Материаловедение или товароведение описывает материалы, соответствующие эмпирически выработанным требованиям, необходимым для выполнения той или иной задачи. Проблемы улучшения материалов и получения оптимальных свойств в материаловедении не ставились...».

На взгляд авторов, не следует материаловедению приписывать новые задачи, так как оно является определённым разделом более обшей науки о материалах – материалогии (см. рис. 2). Эта наука должна быть нацелена на создание новых материалов с заданными свойствами. Кроме достижений познавательной идеи – физики и химии твёрдого тела, она должна включать в себя также достижения практической идеи – современной металлургии и технологии материалов (см. рис. 3).

Следует отметить, что технология материалов объединяет не только методы получения материалов, но и методы их обработки (резание материалов, литейное производство, обработку давлением, сварку, электрофизические, электрохимические методы и т. д.).

Уже сейчас многие авторы включают (очень кратко) в учебники по материаловедению разделы по физике и химии твёрдого тела, механике, металлургии и технологии обработки материалов. Иногда выпускаются комбинированные учебники: «Материаловедение и технология конструкционных материалов» [162, 193, 194], «Материаловедение и конструкционные материалы» [195], «Металловедение, термообработка и рентгенография» [147] и т. д.

Физика и химия дополняли практическую идею, начиная уже с инкубационного периода. Но в пределах этих двух идей созревает новое направление, связанное с созданием материалов с заданными свойствами – парадигмы Д.И. Менделеева, Н.С. Курнакова, И.В. Тананаева, Г.В. Самсонова [172].

Таким образом, наука о материалах, существовавшая с древнейших времен, была, по существу, созерцательной: её целью было познать природу материи, в том числе веществ как неорганических, так и органических. Следует отметить, что в развитии этой идеи были сделаны попытки получения одних элементов из других, которые окончились неудачно (например, получение золота из других элементов), но послужили одной из причин ускоренного развития химии и металлургии. Интуитивно человек был нацелен не только на познание сущности вещества, но и на создание новых материалов. Практическая идея – получение материалов с заданными свойствами – оформилась гораздо позднее и под влиянием познавательной идеи. Однако для современной науки и техники потребовалось создание новой науки о материалах. Её стержнем является практическая идея – принципы выбора и создания новых материалов с заданными свойствами.

3.2.4. Материалогия

Следует отметить, что науки с одинаковыми по смыслу определениями «наука о материалах» *(science of materials)* и «материалогия» *(materialologos)* существенно отличаются друг от друга. *«Science of materials»* – наука, которая занимается разработкой и теоретической систематизацией знаний о материале, а материалогия – наука, целью которой является разработка принципов выбора, создания и получения материалов с заданными свойствами. На рис. 13 представлена схема составляющих звеньев ЦКВМ, изучаемых материалогией – наукой о материалах.

Предметом материалогии должна стать не только металлургия, но и химические технологии получения материалов. Объекты исследования материалогии – от минерального сырья до готовой продукции. Фундаментом новой науки должна быть физика и химия твёрдого тела, а также минералогия и другие науки о материалах.

В.И. Фистуль [196] совершенно справедливо отмечал, что при преподавании материаловедческих дисциплин «совершенно нецелесообразно и вредно раздельное преподавание физики и химии». Он утверждал, что базовым должен быть учебник по физике и химии твёрдого тела и такой учебник он создал. Необходимым разделом материалогии (кроме материаловедения) должен быть раздел по технологии материалов. Только в этом случае будет целостное, всестороннее знание о разработке, получении, обработке и применении материалов.

Таким образом, развитие наук о материалах (в том числе и материаловедения) на данном этапе становления требует терминологической определённости и необходимости обозначения обобщающей науки в русле практической идеи. Задача материалогии – разработка принципов создания и выбора материалов с заданными свойствами для практических и духовных нужд человека. Ряд наук о материалах, назначение которых разработка и получение материалов на отдельных этапах и в различных условиях (от минерального сырья до готовой продукции) составляют определённые разделы материалогии.

3.3. Предмет исследования, концептуальные и методологические основы становления и развития материалогии

Другие науки, сколько бы они не пытались рассуждать,
не обращаясь к философии, без нее не могут
обладать ни жизнью, ни духом, ни истиной.

Гегель

В настоящее время становится все нагляднее возрастающая дифференциация науки о материалах, которая наряду с положительными тенденциями в её развитии, а также в создании и изучении конкретных материалов вызывает ряд проблем. Одной из главных проблем является то, что дифференциация (материаловедение теоретическое, практическое, неорганическое, органическое, электронное, авиационное, космическое, строительное, физическое, порошковое, полупроводниковое, статистическое, фрактальное, радиационное, низкотемпературное и вакуумное, электродное, электроматериаловедение, сверхтвёрдых веществ и материалов, активное транспортное, коллоидное, новое, текстильное, наноматериалов и т.д. [79]) грозит превратить единую науку о материалах в совокупность отдельных, изолированных дисциплин. В этой связи следует отметить, что Е.М. Савицкий [197] справедливо отмечал необходимость создания материаловедения для каждого элемента Периодической системы. Можно предполагать, что в будущем может оказаться столько «материаловедений», сколько имеется природных и искусственных материалов, т. е. более миллиона.

В силу этого ученые-материаловеды перестают видеть их место в познании сущности материи и материала, процесса его разработки, получения, обработки и вторичного использования, начиная от первоматерии и кончая готовой вещью. Дифференциация науки о материалах не способствует разработке единой теоретической основы создания и выбора мате-

риала с заданными свойствами и внешней формой – главной задачи науки о материалах.

Известно, что Шрёдингер, Гейзенберг и другие выдающиеся ученые были последовательными противниками дробления науки на отдельные дисциплины, «она угрожает отнять у исследователя широкую перспективу, принижая его до уровня ремесленника» [198]. Ещё гораздо раньше (IV в. до н. э.) Аристотель утверждал, что «если наука занимается только взаимно изолированными и никаким образом не обобщенными предметами, то наука отсутствует». В связи с этим чрезвычайно важно создание интеграционной науки в области изучения, создания, получения и обработки материалов с заданными свойствами и внешней формой. В настоящее время интуитивно предполагается, что существуют науки о материалах (физика и химия твёрдого тела, металлургия, различные «материаловедения») и обобщающая (интеграционная) наука – материаловедение. Однако материаловедение не может быть интеграционной наукой в области наук о материалах уже по определению, так как его задачей является решение (хотя и важнейшего) вопроса – установления взаимосвязи состав–структура–свойства, что является частью более общей проблемы – выбор и создание материалов с заданными свойствами и внешней формой.

Материаловедение («товароведение», как выразился П.А. Ребиндер [192]) – это скорее наука о знании известных материалов, чем об их создании и получении. Это объясняется тем, что за многие столетия до XIX в., когда была осознана зависимость состав–свойства практикой методом «проб и ошибок» было создано громадное число искусственных материалов. Перед эмпирическим и теоретическим знанием стояла задача изучения уже созданных материалов, а иногда их воссоздания заново (булатная сталь). Металловедение, а затем и материаловедение были нацелены на изучение железоуглеродистых материалов.

В связи с этим, по мнению авторов, интеграционной наукой о материалах должна стать новая, фундаментальная наука – материалогия, сочетающая и использующая достижения металлургии, физики, химии и, прежде всего, физики и химии твердого тела, философии (см. рис. 47), а также ряда других наук – математики, горного дела, минералогии, кристаллографии, кристаллохимии, информатики. Указанные науки участвовали в формировании материаловедения, на что указывал Ч.В. Копецкий [199]. На взгляд авторов, своё влияние в формировании материалогии в большей мере должны оказывать технология материалов и научное приборостроение (рис. 49). Во многих случаях фундаментальные открытия появлялись благодаря созданию новых научных приборов, установок, оборудования (рис. 50).

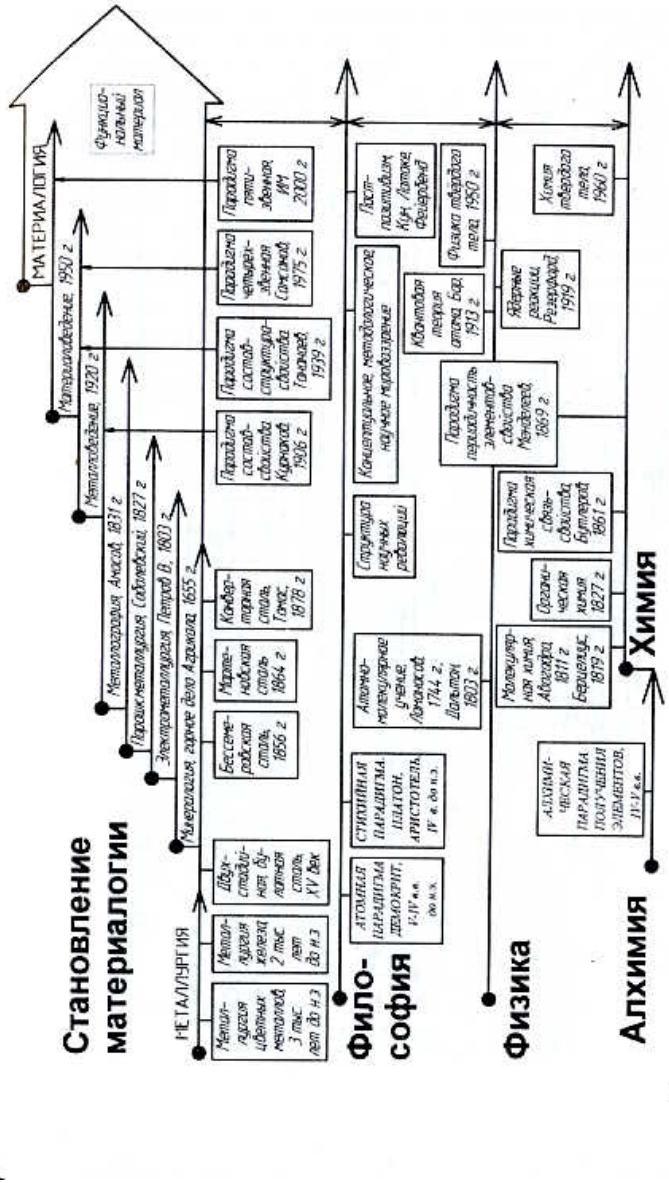
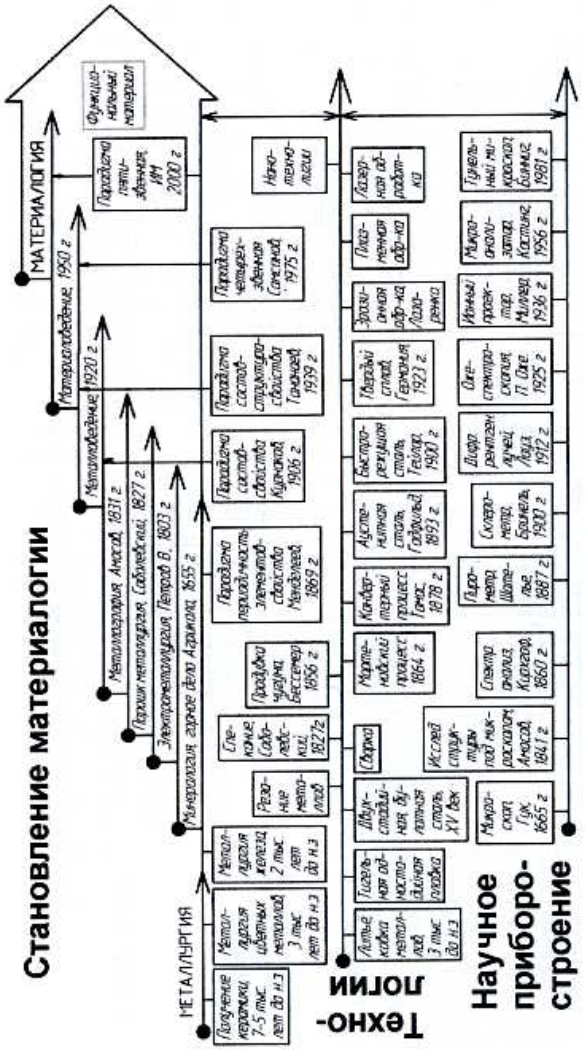


Рис. 49. Становление материалогии с развитием металлургии, философии, физики, химии


Становление материалогии
МАТЕРИАЛОГИЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ
Научное приборостроение
Материаловедение 1920 г
Металлография Аносов, 1831 г
Электрометаллургия Петров В., 1803 г
Минералогия, горное дело Агрикола, 1555 г
Функциональный материал
Получение керамики 7-5 тыс. лет до н.э
Металлургия цветных металлов 3 тыс. лет до н.э
Металлургия железа 2 тыс. лет до н.э
Литье колоколов
Гидравлическая обработка
Ковка
Сыродутный процесс
Доменный процесс
Сименс-Мартеновский процесс
Бессемеровский процесс
Микроскоп Гук, 1665 г
Исследование структуры под микроскопом Аносов, 1841 г
Спектральный анализ Кирхгоф, 1860 г
Пирометр Шателье, 1887 г
Склерометр Бринелль, 1900 г
Дифракция рентгеновских лучей Лауэ, 1912 г
Оптическая ГТ Оже, 1925 г
Ядерный спектр Гейгер, 1923 г
Электронный микроскоп Кнолль, Руска, 1931 г
Ионный проектор Мюллер, 1936 г
Микроанализатор Кастэйн, 1956 г
Туннельный микроскоп Бинниг, 1981 г
Нанотехнологии
Лазерная обработка
Электронная обработка
Ультразвуковая обработка
Плазменная обработка
Термодинамика
Статистическая физика
Квантовая механика
Рентгеноструктурный анализ
Электронография
Нейтронография
Ядерный магнитный резонанс
Мессбауэровская спектроскопия
Электронная микроскопия
Рентгеновская микроскопия
Ионная микроскопия
Туннельная микроскопия
Атомно-силовая микроскопия
Сканирующая туннельная микроскопия
Рентгеновская дифрактометрия
Нейтронная дифрактометрия
Электронная дифрактометрия
Ядерный гамма-резонанс
Рентгеновская спектроскопия
Электронная спектроскопия
Ионная спектроскопия
Ядерная спектроскопия
Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
Оже-электронная спектроскопия
Ионная спектроскопия рассеяния
Ядерная спектроскопия рассеяния
Рентгеновская спектроскопия поглощения
Электронная спектроскопия поглощения
Ионная спектроскопия поглощения
Ядерная спектроскопия поглощения
Рентгеновская спектроскопия излучения
Электронная спектроскопия излучения
Ионная спектроскопия излучения
Ядерная спектроскопия излучения
Рентгеновская спектроскопия отражения
Электронная спектроскопия отражения
Ионная спектроскопия отражения
Ядерная спектроскопия отражения
Рентгеновская спектроскопия рассеяния
Электронная спектроскопия рассеяния

Первая вначале была уделом философии, вторая – металлургии. В русле познавательной идеи возникли две различные парадигмы, являющиеся концептуальными основами структуры и материи. Первая парадигма Аристотеля – «стихийная», просуществовавшая около 2000 лет и вторая парадигма Демокрита «атомная» стала основой науки в Новое время, является базовой в материалогии.

Однако для материалогии представляет ещё больший интерес учение Аристотеля о превращении материи в вещь – «сути бытия» [172]. При рассмотрении причин бытия он выделил четыре их вида (рис. 52, *а*).

1. Материальные, то из чего состоят вещи.
2. Формальные, в которых форма проявляет себя, образуя сущность.
3. Энергетическая база формирования вещей.
4. Целевая или конечная, отвечающая на вопросы «почему»? и «для чего»?

Аристотель своей теорией четырёхзвенной структуры вещи исходил исключительно из того, что вещь – результат творчества, причем неважно, хорошее или плохое это произведение. Введение двух последних звеньев делает вещь и фактически действующей, и целесообразно направленной. Таким образом, Аристотель первым показал путь создания целесообразно направленной вещи из первоматерии, принявшей форму путём энергетического (определённой технологии) и творческого воздействия.

Превращение материи в вещь, связанную с образованием определённой формы, имеет глубокий научный смысл и является первоначальной базой формирования науки о материалах – материалогии. Материалогия, по существу, наука о превращении первоматерии в вещь. Кроме того, классический путь создания материала должен начинаться с анализа назначения и функций вещи и ее элементов.

Форма, согласно Аристотелю, – это активное начало жизни и деятельности вещи. Изменение и развитие есть овеществление формы, потенциально заложенной в первоматерии. В результате деятельности (энергии), воздействующей на материю, возникают различные виды вещей. Следовательно, в основе всего сущего находится первоматерия, но она пассивна и не может образовывать тела (вещи). Образование тел происходит под влиянием «формы» в результате особого деятельного начала (если сказать современным языком – в результате использования технологии) (рис. 52).

К сожалению, четыре причины (звена) бытия не нашли должного дальнейшего развития, хотя и прошло около 2,5 тысяч лет! В настоящее время четырехзвенная схема Аристотеля требует некоторого уточнения.

1. Описанная Аристотелем четырехзвенная схема является частным случаем в современной технологии получения вещи и соответствует случаю ее создания непосредственно из первоматерии (из минерального сырья).
2. Между первоматерией и вещью, как правило, располагается материал или материалы (рис. 53).



Рис. 52. Принципиальная схема превращения первоматерии в вещь (по Аристотелю): *а* – начальная; *б* – уточнённая

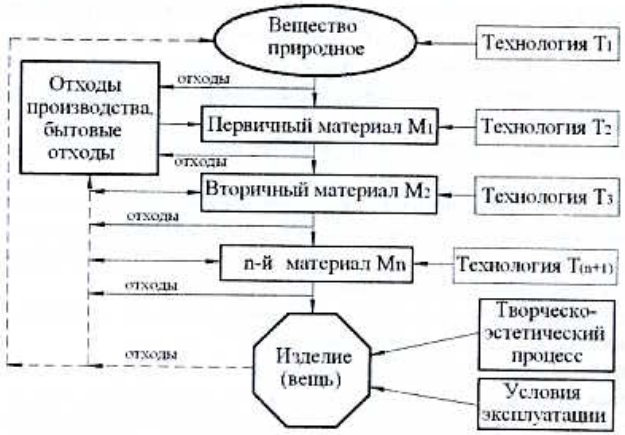


Рис. 53. Общая схема превращения первовещества (природное вещество) в материал и материала – в изделие

3. Виды материалов отличаются не только формой (как утверждал Аристотель), но и структурой, химическим, фазовым составом.

4. Вид материала определяется методологией и технологией превращения материи (материала) в вещь.

5. В процессе технологии первоматериал последовательно принимает различные виды (M_1, ... M_n) и соответственно последовательно изменяет форму, состав, структуру и свойства, приближаясь к форме, составу, структуре и свойствам вещи (рис. 53).

6. В настоящее время для получения вещей используется один вид материи – вещество, поле – второй вид материи, используется для создания усилий воздействия во время технологических процессов.

7. В четырёхзвенной схеме Аристотеля, естественно, не предусмотрено использование отходов переработки для производства вещей.

Таким образом, предметом исследования материалогии являются:

1) структура материи (вещество, поле);

2) первоматерия (минеральное сырьё);

3) назначение вещи, условия её эксплуатации, различные воздействия на вещь;

4) процессы и закономерности превращения первоматерии (вещества) в первоматериал M_1 – изменение формы, состава, структуры и свойств;

5) процессы и закономерности перехода из первоматериала M_1 в последующие виды материала ($M_1 \rightarrow M_n$) вплоть до готового материала M_n, пригодного для практического применения или удовлетворения духовных нужд человека – изменение и взаимосвязь формы, состава, структуры и свойств;

6) технология получения из первоматерии и отходов производств различных видов материалов вплоть до готового материала M_n;

7) процессы и закономерности воздействия на материалы различного рода сил, полей, сред (механических, электрических, магнитных и т. д.);

8) разработка теоретических и технологических основ создания материалов с заданными формой и свойствами;

9) разработка концептуальных и методологических основ получения материалов с заданными свойствами.

Интересы материаловеда, как утверждал Е.М. Савицкий, должны простираться от минерального сырья и до готовой продукции, что является также и задачей материалогии. При этом использование первоматерии должно осуществляться по незамкнутому на биосферу циклическому круговороту вещества и материалов (рис. 54).



Рис. 54. Схема незамкнутого на биосферу ЦКВМ использования первоматерии

Каждый из предметов исследований связан с рядом наук и имеет свои специфические этапы развития и парадигмы, направленные на создание материалов с заданными свойствами.

Концептуальные основы, связанные с разработкой теоретических основ создания и выбора материалов, начались еще в недрах развивающейся науки о металлах – металлографии – и достижений химии. Первой парадигмой в этом направлении был Периодический закон Д.И. Менделеева. Именно первая обнаруженная связь удельного веса с составом элементов являлась первой парадигмой на бесконечном пути создания новых материалов (рис. 55).

1	Парадигма Бутлерова: *"Химическая связь-свойства"*	1861 г.
2	Парадигма Менделеева: *"Химический состав элементов-свойства"*	1869 г.
3	Парадигма Курнакова: *"Химический состав-свойства"*	1906 г.
4	Парадигма Тананаева: *"Состав-структура-свойства"*	1939 г.
5	Парадигма Самсонова: *"Состав-структура-технология-свойства"*	1975 г.
6	Новая парадигма ИМ: *"Параметры эксплуатации-состав-структура-технология-свойства"*	2000 г.

Рис. 55. Парадигмы в развитии практической идеи материалогии

Дальнейшим шагом в создании материалов сыграло создание и обоснование теории химической связи, согласно которой свойства веществ определяются порядком связей атомов в молекулах и взаимным влиянием их сил («сродством») – парадигма А.М. Бутлерова.

Существенный вклад в развитие науки о материалах сделал Н.С. Курнаков, основатель химического анализа и парадигмы «состав вещества–свойства».

Парадигма И.В. Тананаева «состав–структура–свойства» стала определением металловедения и материаловедения и существенно приблизила к решению целенаправленного синтеза материала.

Парадигма Г.В. Самсонова «состав–технология–структура–свойства» сыграла особенное значение в развитии науки о материалах, став концептуальной основой практического использования синтеза материалов с заданными свойствами (рис. 56).

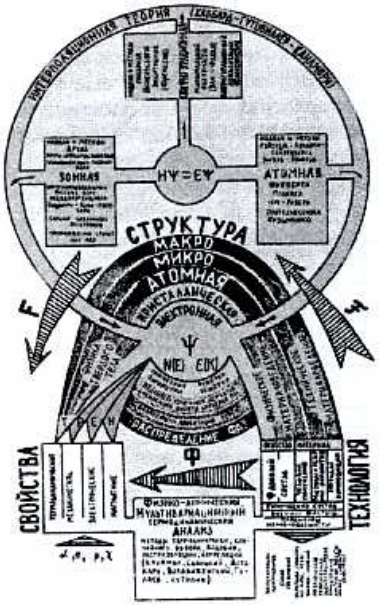


Рис. 56. Парадигма Г.В. Самсонова «состав–технология–структура–свойства» [127]

На различных уровнях познания материала вопрос о прогнозировании свойств, их выборе и создании руководящими идеями были парадигмы Менделеева, Бутлерова, Курнакова, Тананаева.

Только парадигма Самсонова является реальной основой прогнозирования и синтеза материалов с учетом технологии, на это указывал и Аристотель в четырёхзвенной схеме получения вещи (см. рис. 9). Однако и парадигма Самсонова не полностью соответствует схеме Аристотеля, так как в ней предусмотрено создание абстрактного материала, вернее перспективных материалов.

Для создания функциональных материалов схема концептуальной основы должна начинаться (иногда оканчиваться) вещью (условиями работы и параметрами эксплуатации). На необходимость новой парадигмы в создании теории выбора и получения материалов с заданными свойствами неоднократно обращал внимание академик РАН А.И. Холькин при рецензировании работ авторов монографии [80, 172, 200–202]. Интуитивно материаловед, как правило, всегда ориентировался на создание материала для определённой вещи.

Авторы предлагают новую парадигму, которая является концептуальной базой материалогии: «условия и параметры эксплуатации – состав–технология–структура–технология–свойства» (рис. 57) – парадигма ИМ.



Рис. 57. Общая пятизвенная парадигма ИМ. Показаны составляющие звенья парадигмы *1–5* и связи составляющих звеньев F_1–F^*_{10}

Парадигмы Самсонова и ИМ, по мнению авторов, являются базой для разработки методологии материалогии. Известно, что методология науки о материалах – это учение о принципах построения, формах и способах решения проблемы создания и получения материала с заданными свойствами и внешней формой.

Методология науки о материалах относится к частнонаучному слою (этажу) методов познания и имеет свои специфические особенности, которые не должны противоречить верхним слоям методов познания – предельно общим и общенаучным. При решении проблемы методологии науки о материалах использование только теоретического или только эмпирического уровня является недостаточным в связи с чрезвычайно сложной и многогранной задачей науки о материалах. В этом случае необходимо использование совмещенного, теоретико-эмпирического уровня. Однако в любом случае получение реальных свойств возможно только через технологию.

Путь создания материала осуществляется преимущественно по двум направлениям: директивное (хоздоговоры, программы, решения вышестоящих органов и т. д.) и стратегическое (материалы на перспективу) – инициатива исследователя, решения вышестоящих и правительственных органов (рис. 58). Для решения вопроса синтеза материала необходимо использование:

1) парадигмы материалогии;

2) низшего порядка (например, инструментального материаловедения, материаловедения сварочных материалов и т. д.);

3) ряда моделей, связанных с процессом эксплуатации материала, структуры и состава, а также технологии получения и его обработки;

4) банка данных (при их наличии или литературных данных по технологии, составу, структуре и свойствам известных материалов);

5) эталонных материалов и их исследование;

6) достижений физики и химии твердого тела.

Как директивное, так и стратегическое направления создания материалов являются следствием потребностей человеческой практики. Стратегическое направление основано на законе непрерывного улучшения уровня свойств материалов по мере развития человеческой цивилизации. Авторами предполагается обобщение о непрерывном изменении уровня физико-химических и эксплуатационных свойств искусственных материалов как за счёт изменения состава и структуры использования новых технологий известных материалов, так и за счет принципиально новых.

В любом случае создание материала (вещи) начинается с определения необходимого комплекса свойств, т. е. исследовательская работа осуществляется с подготовительного этапа.

Первый этап, в зависимости от полноты предлагаемого комплекса свойств, начинается с изучения литературных источников, банков данных по эксплуатации вещи и ее материала, составления модели работы материала, банка данных по материалам, выбора аналогов, модельных материалов и их исследования и т. д. Заканчивается этап определением комплекса свойств, условий работы материала, составлением чертежа, схемы, описания.



Рис. 58. Направления создания функциональных материалов

Особенность подготовительного этапа заключается в том, что задание на его составление выдается заказчиком, либо самим ученым (особенно для разработки материалов на перспективу).

Второй этап – функциональный. Осуществляется теоретико-эмпирическое определение функций $F_1 \ldots F_n$. Заканчивается этап обобщением данных функций. Создание гипотезы по составу, структуре, технологии. Составляется модель материала.

Третий этап – технологический – получение материала по заданной технологии.

Четвертый этап – исследование свойств полученного материала, сопоставление реальных свойств с заданными.

Пятый этап – корректирующий. При необходимости осуществляется коррекция состава, структуры, технологии.

При обсуждении результатов, изложенных в данной работе, научными сотрудниками Института материаловедения ХНЦ ДВО РАН и техниче-

ского университета (г. Комсомольск-на-Амуре) было решено создать при университете кафедру материалогии, а также совместную лабораторию с одноименным названием.

3.4. Методология материалогии и её разделов

Существует бесконечное число неверных путей
к истине, и существует только один – правильный.
Найти его – твоя задача
Советы мудреца

3.4.1. Методология частной науки

Как известно, наука Нового времени начала формироваться в XVI–XVII вв. прежде всего усилиями Ф. Бэкона и Р. Декарта [32, 36], которые обосновали её идеологию и методологию. В этот период в центре внимания учёных (которые были философами) было осмысление сущности научного знания (и познания) и методов его получения. В методологическом направлении явно обозначилось дальнейшее развитие предельно общих и общенаучных методов: Бэконом – индуктивного метода, Декартом – дедуктивного. В это время пришло осознание того, что для глубокого изучения сложного объекта (предмета) его можно условно разделить на отдельные составляющие части до обнаружения первичных элементов, простых идей, которые предстают перед сознанием со всей очевидностью. Стремление свести всю сложность единого, целостного мира природы к нескольким «простым элементам» настраивала исследователей на подобную детализацию изучаемых объектов. Поэтому рост научного знания сопровождался и продолжает сопровождаться (особенно науки о материалах) непрерывной дифференциацией, т. е. дроблением на всё более мелкие разделы и подразделы. После чего предлагалось использовать полученные идеи и обобщения методом синтеза для восстановления расчленённого ранее объекта (предмета). Дифференциация науки стала неотъемлемым компонентом её развития. Такое развитие науки стало противоположным натурфилософии (философии природы), рассматривающей и исследующей её в целостности. Несмотря на всё увеличивающееся число частных наук в этом направлении, зародившаяся ранее методологическая традиция (философская) получения новых знаний продолжала развивать преимущественно подходы, рассматривающие общий уровень развития познания с использованием предельно общих и общенаучных методов (табл. 14).

При этом в литературе не имеется систематических сведений о методологии частных наук, частнонаучные методы были «развиты недостаточно» [203], не было общей стратегии создания частнонаучной методологии. В табл. 14 приведён методологический арсенал научного познания, включающий только методы. Однако методы, это ещё не методология, которая должна, кроме этого, включать структуру, логическую организацию научного познания на основе концептуальной сущности науки. Следует отметить, что в литературе, посвящённой философии науки и методологии часто отождествляют термины «методология» и «методы» [204], что является, мягко говоря, необоснованным.

Таблица 14

Арсенал методологического научного познания

Предельно общие методы	«Верхний» уровень	Философские принципы. Логические правила, методы
Общенаучные методы	Теоретический уровень	Идеализация Формализация Абстрагирование
	Теоретико-эмпирический уровень	Анализ и синтез Индукция и дедукция Абстрагирование и конкретизация Моделирование
	Эмпирический уровень	Наблюдение Эксперимент Измерение
Методы частных наук	Уровень частнонаучный	Частнонаучные методы Специальные методы Междисциплинарные методы

Именно разработка частнонаучной методологии и её использование в научной практике напрямую определяет прогрессирующее продвижение науки. Для каждой науки должна разрабатываться своя методология, которая рассматривается не только в рамках философии, а скорее, в рамках частных наук [203].

В литературе не имеется научно обоснованных путей, рекомендаций, теорий создания частнонаучной методологии, учитывающих концептуальную сущность науки, её структуру, логическую организацию, методы и

средства научного познания. Таким образом, для разработки методологии частных наук требуется своя методология. В связи с этим в данной работе предпринята попытка создания частнонаучной методологии на примере науки о материалах – материалогии. Однако для разработки частнонаучной методологии – материалогии – в свою очередь необходимо иметь обоснование принципов, способов, путей и последовательности её построения. То есть для создания методологии материалогии вначале необходима разработка частнонаучной методологии.

В литературе нет однозначного толкования термина «методология». С одной стороны, методология – это учение о методах [19, 32, 36, 51, 52, 204–207], с другой – учение о структуре, логической организации, методах и средствах познания действительности [9, 37, 46, 47]. Очевидно, что такое различное определение термина «методология» отражает различный подход к уровню познания науки. Для философского (общего) уровня познания действительности превалирует изучение, исследование и использование общих методов, и в этом случае часто отождествляются понятия «метод» и «методология». Для частных, особенно естественных наук, важнейшими составляющими методологии являются логическая организация, структура, совокупность средств, необходимых для достижения цели. Это связано с тем, что в этом случае необходим особый «путь» к получению конкретного результата, например, для материалогии – получение в конечном итоге материала, вещи. В связи с этим для разработки методологии материалогии (частной науки) наиболее приемлемым (но недостаточным) является определение методологии как учения о структурной и логической организации, методах и средствах познания действительности. Можно предполагать, что методология частной науки должна, кроме этого, базироваться на её концептуальной основе (парадигме). Разработка современной парадигмы должна предшествовать формированию методологии и, в частности, ММ. Следовательно, методология частной науки – это учение о взаимосвязи её концептуальных основ, структурной, логической организации, методов и средств познания.

В связи с изложенным можно условно разделить общую и частнонаучные методологии: общая методология определяет общую стратегию познания истины, а частнонаучная – тактику научного познания. Кроме того, использование общих методов связано с различным уровнем обобщений фактов, экспериментальных данных, теорий отдельными учёными. Общий уровень обобщений – это уровень Платона, Аристотеля, Ф. Бэкона, Декарта, Лейбница, Ломоносова, Менделеева, Паули, Бора, Борна, Шрёдингера, Гейзенберга и других выдающихся учёных.

Следовательно, частнонаучная методология не только не должна отрицать общую методологию, а формироваться на её базе. В этом случае

должен быть использован дедуктивный метод, т. е. «верхними этажами» частной методологии является общая методология, а частнонаучная – «верхним этажом» для разделов частной науки (рис. 59).

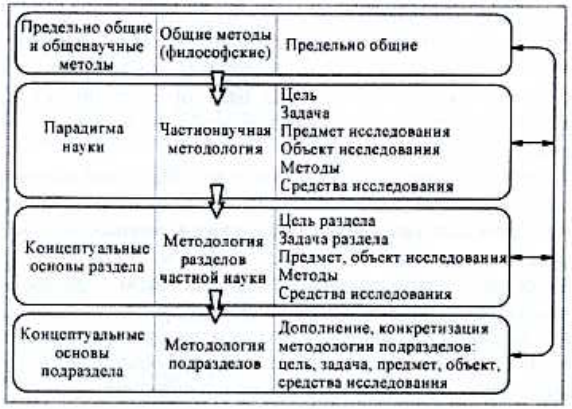


Рис. 59. Общая схема разработки методологии частной науки и её разделов

Схема разработки методологии частной науки и её разделов, подразделов должна базироваться на классификации науки о материалах. В связи с отсутствием таковой в данной работе авторы ограничились пока исследованием трёхуровневой классификации: частная наука (материалогия) – раздел (минералогическая материалогия, материаловедение электродных материалов) – подраздел (минеральное сырьё, сварочные материалы и т. д.). Как видно из рис. 59, при разработке частной методологии необходимо учитывать не только базовые элементы, рекомендуемые в [203], – цель, предмет, объект исследования, методы и средства исследования, но и составляющие парадигму элементы.

С учётом всех этих составляющих может быть разработана методологическая формула:

$$(ЭБ_1 + ЭБ_2 + \ldots + ЭБ_n) + (ЭП_1 + ЭП_2 + \ldots + ЭП_n) = M \text{ (вещь)},$$

где $ЭБ$ – элементы базовые; $ЭП$ – элементы парадигмы; M – материал.

Методологическая формула – содержательная часть методологии частной науки, которая не позволяет проследить порядок выполнения, направление исследований, структуру, логическую организацию.

Для разработки методологии необходимо формирование второй части – структуры и логической организации, которые впервые применительно к натурфилософскому познанию созданы Аристотелем (каноны Аристотеля): 1) история вопроса; 2) постановка проблемы; 3) аргументы «за» и «против»; 4) обоснование решений.

С учётом особенностей экспериментального естествознания можно дополнить каноны Аристотеля в виде последовательного ряда: постановка проблемы → история вопроса → задача, цель, предмет, объект исследования → проведение эксперимента → результаты и обсуждения → выводы и их обоснование→рекомендации.

Синтез методологической формулы и структуры позволяет разработать методологическую схему и соответственно методологическую программу.

Таким образом, для разработки методологии частных наук и ее разделов необходимо следующее.

1. Использование дедуктивного метода, при этом верхним «этажом» является общая (философская) методология.

2. Подразделение (условно) методологии на две основные части: содержательную (парадигма, цель, задача, предмет, объект, методы исследования) и структурно-логическую организацию познания.

3. Оформление содержательной части в виде методологической формулы с использованием методологической матрицы, структурно-логической части – в виде последовательного ряда элементов, составляющих структуру.

4. Разработка методологической схемы частной науки методом суперпозиции методологической формулы и структуры.

5. Разработка методологической схемы (программа, рис. 60) на основании методологической схемы частнонаучной методологии.



Рис. 60. Общая схема разработки частнонаучной методологии (программа)

3.4.2. Методология материалогии

Материалогия – новая интеграционная наука о материалах, основной целью и задачей которой является разработка теории и практики получения материалов с заданными свойствами в условиях устойчивого развития общества [208]. Разработка методологии материалогии является особенно важной для успешного становления и развития этой науки.

Разработка методологии частной науки – материалогии начинается с *первого этапа* – выбора общей стратегии (пути) познания проблем и проблемных ситуаций материалогии (рис. 58–60). Как уже утверждалось выше, для начала создания частнонаучной методологии, в том числе материалогии, необходимым является применение одного из общенаучных методов – дедуктивного метода, т. е. верхним «этажом» для материалогии являются общая методология (философские методы). Её роль не ограничивается выбором общей стратегии, так как методы и формы научного познания общей методологии буквально пронизывают весь процесс создания методологии материалогии:

1) использование логических действий (абстрагирование, идеализация, аналогия, формализация; анализ и синтез; дедукция и индукция; классификация);

2) применение гипотетико-дедуктивных, исторических (особенно для разработки парадигмы и структуры методологии), системных, аксиоматических подходов и методов;

3) использование форм научного познания как единиц логико-методологического анализа (проблемы, факты, гипотезы, теории);

4) концепции измерения научного познания (парадигмы).

Без применения арсенала общей методологии невозможно создание ММ, а также квалифицированное её использование в научной практике.

Вторым этапом создания ММ является уточнение и использование общеизвестной парадигмы материалогии. Ранее вопрос о концептуальных основах материалогии в научном сообществе не ставился, хотя для её разработки имеет принципиальное значение. В [79, 209] на основе использования гипотетико-дедуктивного метода и исторического подхода предложена динамика развития научного познания в области наук о материалах с фиксацией научных революций (парадигм) в этой области. В соответствии с этими воззрениями современной парадигмой материа-

логии является парадигма Г.В. Самсонова «состав–технология–структура–форма–свойства (материал, вещь)». Анализ этой парадигмы показывает, что для создания и получения материала с заданными свойствами необходимо рассмотреть во взаимосвязи следующие элементы парадигмы: состав, технологию, структуру, форму. В связи с этим, конкретизируя суть парадигмы, можно отметить два основных последовательных процесса технологии получения материала:

– получение вещества (материала) с определённым химическим составом и структурой (без обязательного требования к форме) – технология T_1;

– получение материала с заданной структурой, свойствами и формой – технология T_2.

В соответствии с этим расширенная парадигма Самсонова может быть представлена в следующем виде (рис. 61). Следует отметить, что конечным этапом парадигмы, определяющим концептуальные основы материалогии, является материал (вещь). Для методологии материалогии это имеет принципиальное значение. Познаваемая материя овеществлена в предметах, изделиях, материалах, которые отличаются составом, структурой, формой, свойствами.

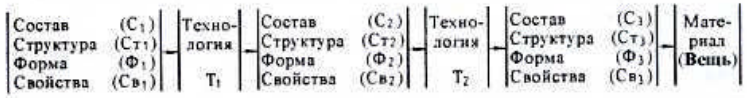


Рис. 61. Общая (развёрнутая) схема парадигмы материалогии: T_1, T_2 – соответственно технология получения, обработки материала; C_1, C_{T2}, $Ф_1$, $Св_1$ – состав, структура, форма, свойства исходного вещества (материала) и после его преобразования (индексы $_{2, 3}$)

Следующим, *третьим этапом* создания методологии материалогии является создание методологической матрицы (табл. 15), сопоставление её с развёрнутой парадигмой и, в конечном счёте, получение методологической формулы (рис. 62).

В табл. 15 приведены базисные элементы материалогии, определяющие методологическую матрицу, для сопоставления приведены также цель, задача, предмет исследования, технология не только материалогии, но и материаловедения и раздела материалогии – минералогической материалогии.

Таблица 15

Методологическая матрица материалогии

Элементы методологии	Материаловедение	Материалогия	Минералогическая материалогия
Цель	Исследование и изучение взаимосвязи состав–структура–свойства	Разработка теории получения материалов для изделий с заданными свойствами в условиях устойчивого развития общества	Разработка теории получения материалов из минерального сырья в условиях комплексного, рационального использования экологически безвредного производства
Задача	Выбор материалов с заданными свойствами	Разработка и получение материалов с заданными свойствами, изучение круговорота вещества и материалов в производственной деятельности	Разработка и получение материалов из минерального сырья в экологически чистых условиях, рационального и комплексного его использования
Предмет исследования	Состав–структура–свойства материалов	Функциональное назначение материалов, их состав, технология, структура, свойства, круговорот вещества и материалов в природе	Функциональное назначение минерального сырья, его состав, технология, структура, форма, свойства, хранение и использование отходов производства
Объект исследования	Органические, неорганические материалы	Минеральное сырьё, органические, неорганические материалы, основы создания вещи, переработки отходов	Минеральное сырьё, отходы горно-добывающих предприятий

Окончание табл. 15

Элементы методологии	Материаловедение	Материалогия	Минералогическая материалогия
Технология	Обработка давлением, термическая, литьё, металлургическая переработка, технологии механообработки	Действие концентрированных потоков энергии на материалы, химические, другие технологии, процессы воздействия для преобразования вещества в материалы	Размол, дробление, обогащение, термообработка, процессы воздействия на минеральное сырьё для переработки



Рис. 62. Методологическая формула создания материала (вещи)

Цель, задача исследования предрешают основную проблему материалогии и должны определять начало методологической формулы методологии материалогии. Формулирование проблемы должно учитывать, кроме этого, внешние источники (объективные, актуальные потребности общества) и внутренние аспекты развития самой науки.

В связи с этим начальным моментом разработки методологической формулы материалогии является обоснование проблемы и проблемной ситуации науки, которая является первым её элементом. Основная (глобальная) проблема материалогии – создание теории и практики получения материалов с заданными свойствами. Такой подход должен базироваться на назначении материала и условий работы, на основе этого формулируется и уточняется идея материала и гипотеза о химическом составе, структуре, предполагаемой технологии получения требуемых свойств. На основании изложенного предлагается следующая методологическая формула (рис. 62).

Предполагается, что получение новых теорий, законов является таким же важным результатом использования методологии материалогии, как и полученный в итоге материал (вещь).

Следует отметить, что знания – не только «сила», но и проявление в виде конструктивно оформленного звена своеобразной аристотелевской вещи. Формы знания: монографии, статьи, патенты и т. д. Не зря Аристотель неоднократно называл скульптуру, картину – произведением искусства, вещью.

Четвёртый этап разработки методологии материалогии предусматривает создание структуры научного познания, которому уделяется мало внимания (в специальной литературе, посвящённой философии науки, методологии [32, 36, 204, 205, 209] не нашлось даже отдельного параграфа).

В связи с этим методологическая формула и программа методологии должны содержать как теоретическую, так и эмпирическую составляющие материалогии, а также практическую направленность получаемого знания.

Структура научного познания – это совокупность элементов познания, обеспечивающих их последовательное расположение, устойчивые связи и стабильность внутреннего устройства. Использование исторического подхода и анализ данных по структуре современного научного познания позволяет утверждать, что первым элементом познания является «постановка» (формулирование) проблемы, которая уже учитывается в методологической формуле.

Известно, научная проблема включена в определённую сферу теоретического знания, и представление проблемы происходит на специальном научном языке, в той или иной системе знаний, на основе глубокого представления об их текущем состоянии.

Поставить проблему – значит определить границу знания и незнания [36]. Следовательно, формализовать проблему может подготовленный субъект, человек, получивший основательную подготовку, либо она формулируется в научных школах. Это показывает значимую роль знаний (известных) в формировании проблемы образования, культуры. Влияние феномена знания на методологию частной науки в литературе не рассматривается и требует специального исследования (подготовка учёного).

Другой особенностью структуры научного знания, особенно при создании новых перспективных материалов, является выбор модельного материала, «эталона» (рис. 63), который должен базироваться также на знании и проведении модельного эксперимента.

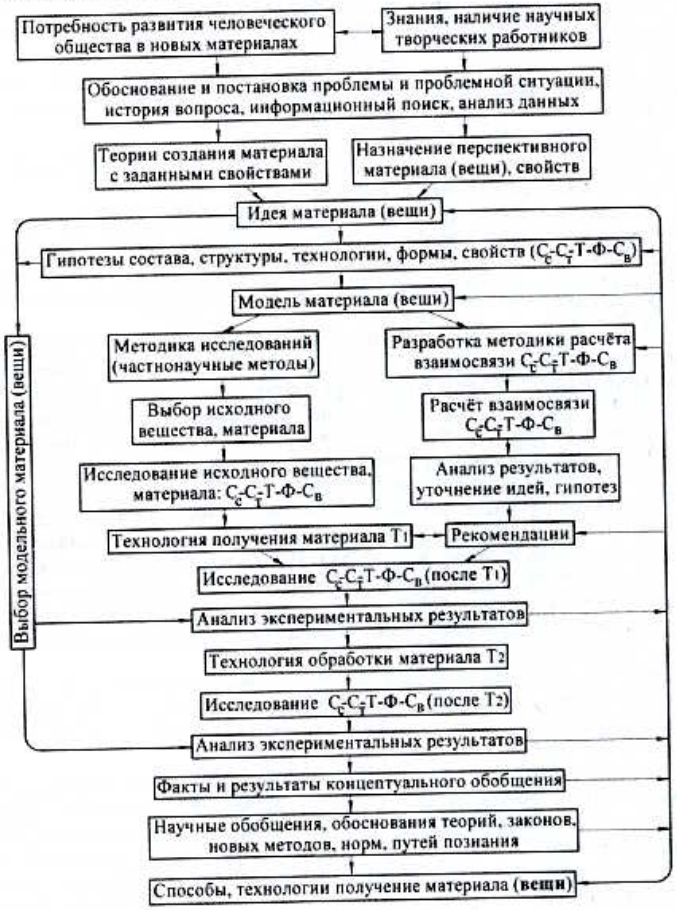


Рис. 63. Схема методологии материалогии (программа)

Модельный материал должен иметь сходную структуру, состав и свойства со структурой, составом и свойствами проектируемого материала, либо – это состав, структура, свойства химических элементов, простых соединений (карбиды, бориды, нитриды и т. д.). Модельный эксперимент проводится с использованием модельных материалов либо в определённых технологических условиях. Все перечисленные дополнения должны быть учтены при составлении структуры методологии материалогии (рис. 63).

Важной особенностью науки о материалах является тесная связь эмпирического и теоретического уровня научного познания. С другой стороны, материалогия изначально предполагает сочетание двух категорий: практика–познание. Практика получения новых материалов также опирается на опыт, эмпирическое познание. В связи с этим структура методологии должна отражать три взаимосвязанных уровня: теоретический, эмпирический и практический (см. табл. 1).

Общая методологическая схема методологии материалогии (рис. 63) включает элементы методологической формулы (МФ) и методологической структуры (МСт): СМ = МФ + МСт.

Схема «методология материалогии» является базой для разработки методологии её разделов с использованием методологической матрицы, принципов конкретизации и дополнения.

На основании методологической схемы структуры методологии материалогии оформляется методологическая программа и далее методики конкретных исследований, упорядоченной совокупности необходимых и достаточных предписаний для достижения цели.

Материалогия может быть отнесена как к специальным, так и фундаментальным дисциплинам вузов. Разработка типовых учебных и рабочих программ материалогии должна осуществляться для специальностей и специализаций с учётом их направления, а также имеющегося опыта преподавания «науки о материалах» в передовых (к сожалению, западных) университетах. Например, в учебниках и учебных программах курса материаловедения в Германии уже изучаются вопросы, связанные с устойчивым развитием общества – круговоротом материалов в природе [6–8].

4. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ МАТЕРИАЛОГИЯ – НОВЫЙ ВАЖНЫЙ РАЗДЕЛ МАТЕРИАЛОГИИ

4.1. Становление минералогической материалогии

4.1.1. Экспериментальный период развития металлургии до М.В. Ломоносова (горно-металлургический этап развития металлургии)

Как известно, учёба в Германии (1736–1741) и особенно в известной Фрейбургской горной академии позволила М.В. Ломоносову получить основательные знания в области горных дел и металлургии. Ещё в средние века в Германии горняки и металлурги непрерывно совершенствовали способы добычи и выплавки металлов. Ф. Энгельс писал: «Добыча золота и серебра послужила последним толчком, поставившим Германию в 1470–1530 гг. в экономическом отношении во главе Европы» [210].

Георгий Агрикола (1494–1555) создал свой труд «О металлах», опубликованный в 1556 г. Он обобщил опыт горно-металлургического производства, систематизировал его по процессам. В то время и даже до XX в. не было чёткой линии между горным делом и металлургией, и нередко поиском ископаемых, добычей руды и выплавкой металлов занимались одни и те же люди. В те времена в Германии производилось ежегодно около 30 тыс. т железа, во Франции 10 тыс. т, Англии и Швеции по 5 тыс. т. Трактат Агриколы состоял из 12 томов. Тома 1–6 были посвящены горному делу; 7 – «пробирному» искусству; 8 – описанию обогащения и подготовки руд к металлургической обработке; 9 – выплавке чёрного металла; 10 – разделению металлов; 11 – сведениям о металлургическом оборудовании; 12 – описанию процессов получения соли, соды, селитры, квасцов, купороса, серы, битума и производству стекла. Труд Агриколы выдержан совершенно в другом духе, чем до этого изданные труды алхимиков, и представлял чётко, строго, подробнейшим образом изложение процессов горного дела и металлургии. Это дало повод Ломоносову написать: «Все почти писатели о рудоплавных делах толь много исполнены излишествованиями, о которых можно думать, что оные внесены для малолетних ребят (Агрикола)» [111]. Однако труд Агриколы служил настольной книгой для горняков и металлургов многих поколений, его прекрасно знал Ломоносов и использовал при написании своей «Металлургии». Так, при измерениях горных работ Ломоносов писал: «В предложении сих правил не поступал я по обыкновении горных землемеров установлениям; потому что их правила весьма долги, и скучных выкладок

полны, и логарифмических таблиц требуют, что видно в Фохтовой горной геометрии, которая только в десять полулистов написана. Я последовал в сём больше Георгию Агриколе, которого правила в горной геометрии только десять полулистов заняли» [170]. Однако Ломоносов отдаёт должное Агриколе: «...но как возвратясь в Отечество, при сочинении сей книжицы (что было в 1742 г.) просматривал я разных авторов о разных делах, и при том Георгия Агриколу, вышеупомянутое движение воздуха нашёл явственно описано» [170], или: «Сие вольное движение воздуха уже в давних летах применено искуси металлургом и доктором медицины Георгием Агриколою» [111]. С древнейших времён ковкое губчатое железо получали путём прямого восстановления непосредственно из руды. Технология сыродутного процесса подробно описана в книге Агриколы, что при этом в рабочее пространство горна слоями загружают древесный уголь и измельчённую руду, перед горном стоит плавильщик, или горновой, который управляет плавкой. Через 4–8 часов работы горна рабочие извлекают из него слипшуюся губчатую массу – крицу, которую обрабатывают молотом для удаления части шлака. Затем из горна выбирают шлак, а при интенсификации процесса появляется побочный продукт – чугун, который научились использовать для получения стали.

Процесс получения железа, чугуна и стали при Ломоносове оставался практически таким же, как и при Агриколе. Однако было тайной для металлургов отличие чугуна от стали, и её разгадал французский учёный Реомюр (1688–1757). Дж. Бернал [45] писал: «С помощью тщательно поставленных опытов Реомюру удалось раскрыть профессиональную тайну сталеплавильщиков, которую с древних времён строго охраняли, а именно то, что сталь есть чугун, в котором содержится не слишком много и не слишком мало углерода». Результатами исследователя никто не воспользовался, хотя они и были опубликованы. Достижениям Реомюра способствовала его дружба со шведским учёным, членом Петербургской Академии Наук Э. Сведенборгом (1772). В 1734 г. в Лейпциге вышла первая книга о железе «De ferro». Это была часть его крупной работы «Opere philosophica et mineralia» («Труды по философии и минералогии»). Сведенборг подробно описывает в книге металлургические процессы и сравнивает между собой технологии, применяемые в разных странах, в том числе и в России. Сведенборг посещал Россию, переписывался с членами Петербургской академии, рассказывал Реомюру о пермских металлургических заводах. Однако нет никаких сведений о научных контактах Ломоносова с Реомюром и Сведенборгом. Реомюр, по существу, создал теорию термической обработки материалов на основе железа, понимая горючую составляющую древесного угля как «искусство умягчения угля и науглероживания».

Во времена Ломоносова в металлургии процесс получения чугуна и железа уже решался применением каменного угля вместо древесного. Вырубка лесов особенно затронула Англию. В 1709 г. в Англии Абрахаму Дерби впервые удалось использовать в доменной печи (при получении чугуна) каменноугольный кокс. Однако для переработки чугуна в сталь по-прежнему был необходим древесный уголь. Ломоносов писал: «Во многих Европейских государствах, а особливо в Англии, употребляют вместо дров за их недостатком горные уголья, добывая оные из недр земных великими трудами». Для России в то время это не было проблемой, и ещё в 1716 г. первый качественный чугун был экспортирован в Англию. В конце XVIII в. Россия превратилась в крупнейшего в мире экспортёра чугуна [112].

Вторая глобальная проблема, которая решалась на Западе – получение стали из чугуна («умягчение» чугуна), которая была решена Генри Кортом уже в 1784 г. Изобретённый им способ пудингования означал новый этап в металлургии. Таким образом, во времена Ломоносова происходили значительные события в металлургии и, прежде всего, использование в качестве топлива каменного угля и переход на двухступенчатое производство стали. Кроме того, были предприняты Реомюром и Сведенборгом первые шаги по созданию металлографии и металловедения железоуглеродистых материалов. Можно полагать, что Ломоносов знал о происходящих изменениях металлургии в Европейских странах, однако его интересовали более обширные комплексные проблемы, относящиеся к России – поиск полезных ископаемых, горные работы, металлургия и не только железа, но и других известных металлов. Он, по существу, в одиночестве пытался решить эту проблему с использованием фундаментальных наук математики, физики и химии.

Таким образом, до Ломоносова развитие металлургии происходило с использованием эмпирического подхода, который имеет свои естественные пределы. Для дальнейшего развития металлургии необходимо было использование достижений фундаментальной науки, и первые шаги в этом направлении сделал М.В. Ломоносов.

4.1.2. Металлургия М.В. Ломоносова, её развитие

Будучи страстным патриотом России, М.В. Ломоносов решал проблемы металлургии в соответствии с комплексными задачами, стоящими перед ней. Эти задачи сводились к поиску полезных ископаемых, образованию горных предприятий, обогащению руд, становлению металлургии как науки. Таким образом, М.В. Ломоносов комплексно решал вопросы геологии, горного дела, минералогии, химии, металлургии. При этом он стремился рассмотреть эти этапы с позиций физики, химии, математики и физической географии (см. рис. 2). В каждом из упомянутых вопросов Ломоносов сделал ряд замечательных исследований и обобщений.

Геология. М.В. Ломоносов придавал большое значение поиску полезных ископаемых. Уже в «Первых основаниях металлургии» [111] он писал: «Рудоискатели, прежде нежели руды жил искать начинают, смотрят и рассуждают наперёд положения и состояние сего места: 1) можно ли надеяться, что в нём постоянные и к добыче довольно руды содержится; 2) есть ли тут же довольство материй и способов, которые к учреждению рудников, и не выплавкам металлов необходимо надобны». Сразу по прибытии в Петербург в 1741 г. Ломоносов приступил к составлению каталога собрания минералов и окаменелостей минералогического кабинета Кунсткамеры, чем внёс вклад в появление новой научной минералогии, оставил в наследие бесценную свою работу «О слоях земных».

Химия. М.В. Ломоносов, первый из русских академиков, написал учебники по химии и металлургии: «Курс физической химии» (1754) и «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763). Ему принадлежит заслуга в создании Химической лаборатории Петербургской академии наук (1748) и Московского университета (1755).

Экология. М.В. Ломоносов впервые в России обратился к проблеме безопасной работы на горных предприятиях. Работа «О вольном движении воздуха в рудниках» из «Первого тома новых комментариев» представляла комплекс определений, примечаний, присовокуплений, положений и доказательств, снабжённых рисунками. В ней показано решение проблем, стоящих ныне перед экологами: что должен обеспечить «воздух в рудниках во всякое время целого года сохраняет равное растворение, где рудокопы ни от летних жаров, ни от зимних морозов не претерпевают никакого беспокойства». Ломоносов использовал «Аэромические» и «Гидростатические» основания, а также указал на необходимость применения знаний математики. Следует отметить, что во времена Ломоносова вопросы экологии (тогда такой науки не существовало) практически в литературе не рассматривались. Пройдёт ещё около 200 лет, пока «современный Ломоносов» – В.И. Вернадский покажет первостепенное значение этой проблемы. Сам же В.И. Вернадский говорил, что Ломоносов давно уже изложил в своих сочинениях ту теорию, за защиту которой я получил докторскую степень, и изложил, надо признаться, шире и более обобщающим образом [211].

Сегодня мы осознали, что живём на большом космическом «корабле» – Земля, однако инструкции по его эксплуатации не имеем. Такие

инструкции должны, прежде всего, выработать учёные, в том числе экологи, и в нашей стране первые шаги в этом направлении были сделаны М.В. Ломоносовым.

Физикохимия. Разработанная Ломоносовым физикохимия является в настоящее время основой металлургической науки. Можно предположить, что после написания «Первых оснований металлургии» в 1749 г. Ломоносов понимал, что для дальнейшего развития металлургии необходимо использовать достижения прежде всего химии, физики. Дальнейшие его работы (см. рис. 54) так или иначе, касались металлургии. В работе «Слово о пользе химии» [212] Ломоносов всё время возвращался к проблеме металлов, такой подход касался и других его работ. Выполняя большой цикл работ по химии, физике, Ломоносов как бы подготавливал материал для последней своей книги. Ломоносов писал: «Изучение химии может иметь двоякую цель: первая – усовершенствование естественных наук и вторая – умножение благ жизни. Последняя цель достигла хороших успехов; первая же почти не привела к обогащению философского познания природы» [170]. По Ломоносову, настоящие лабораторные исследования должны сводиться: 1) к тщательно проводимому разложению химических веществ на составляющие его простые химические вещества; 2) соединению простых веществ для образования сложных веществ. В исследованиях явлений природы Ломоносов считал необходимым использовать знания законов физики. Он обвинял химиков в однобокости, которые не использовали в своей работе физику, что надо призвать из физики в химию, что можно в ней присоединить, что бы обе науки получали большее развитие и каждой пролился бы яркий свет [212]. Ломоносов в [213], писал: «Моя химия – физическая». Ломоносов по праву является отцом физической химии, которая являлась научной базой для его гениальных обобщений, в том числе открытый им закон постоянства и движения, а также развития металлургии. «Физическая химия, – писал он, – есть наука, объясняющая на основании положений и опытов то, что происходит в смешанных телах при помощи химических реакций. Она может быть названа химической философией». Ломоносов доказывал единство физических и химических тел, а также единство всех тел в природе. Исследуя сложные тела, он разделял их на две категории – органические и неорганические, единство которых по Ломоносову заключается в том, что они состоят из одних и тех же химических составных частей.

Металлургия. Удивляет глубокая проницательность М.В. Ломоносова, впервые заметившего при исследовании взаимосвязь состав–технология–структура–свойства соединений железа. Используя для исследований микроскоп, он определил, что по составу железо отличается от чугуна тем,

что «имеет в себе ещё постороннюю, грубую, земляную материю, и для того бывает ломко» [116, 118]. А его «доброта (свойство) распознается по следующим признакам: 1) ежели которое в лому имеет крупные, плоские и светлые зёрна неравной величины и разной фигуры, то весьма ломко и в дело почти негодно; 2) чем зёрна мельче и величиною и фигурою сходнее, тем оно к делу удобнее; 3) за лучшее почитается то, которое состоит из жилок, лежащих вдоль по пруту; оно тем превосходнее, чем меньше зёрнышек между жилками имеет и чем оные зёрнышки мельче, а особливо когда оно в лому жиловато, как изломленное дерево, и притом от молота не щелится и плёнок не показывает и, будучи раскалёно добела, тянется, как густая смола» [214].

Ломоносов был основателем металлургической науки [215]. При этом он поставил стратегические задачи как для металлургии, так и для материаловедения (материалогии). Говоря о необходимости «новых действий к материи, которые могут часто пользовать в познании натуры и приращении художеств» [216], он имел в виду создание новых материалов с использованием различных технологий. К гениальным достижениям Ломоносова относится открытие и естественно-научное обоснование закона сохранения вещества и движения, ставшего краеугольным камнем материалистического истолкования природы, в том числе химии и металлургии. Руководствуясь законом сохранения вещества и движения и другими законами естествознания и материалистической философии, разработав механическую теорию теплоты, Ломоносов заложил основы атомно-молекулярной теории, разработал новую теорию о природе электрических явлений и т. д. Всё это стало основой его физикохимии, а следовательно, металлургической науки. Он писал: «...приняв в помощь высокие науки, а особливо механику твёрдых и жидких тел (так и хочется сказать физику и химию конденсированного состояния), к измерению сил действующих натуры, металлургическую химию – к разделению смешения минералов, слои составляющих, и общегеометрию, правительницу всех мысленных изысканий» [111]. Таким образом, роль и значение работы Ломоносова [111] состоит в том, что металлургия превратилась из «художества» в научную дисциплину, базой которой являлась впервые им разработанная физикохимия (рис. 64).

Ныне «Металлургия» не только как наука, но и как учебная дисциплина нашла своё место во многих учебных планах высших учебных заведений и не только России, но и развитых стран мира, и является одной из важнейших в деле подготовки специалистов по металлургии и другим инженерным специальностям.

На первом этапе дальнейшего развития научной металлургии оказали значительное влияние преимущественно *химики*: А. Авогадро, С.А. Аррениус, И.Я. Барцеллиус, Гей-Люссак, Д.У. Гиббс, В.Н. Голдшмит, Д.И. Менделеев, Д. Дальтон, В.И. Вернадский, Ле Шаталье, А. Муесан, Н.С. Курнаков, Г.В. Самсонов и др. Не зря в своих работах Ломоносов использовал термин «металлургическая химия» [111]. Значительное влияние на развитие научной металлургии оказали и *физики* XX века: М. Лауэ, Рентген, У.Г. Брэгг, В. Коссель, Г. Льюис, Э. Розерфорд, Де Бройль, М. Планк, В. Гейзенберг, Э. Шрёденгер, Э. Орован, П.А. Ребиндер, П. Дебай и др.



Рис. 64. Схема формирования металлургии как науки

Однако *экспериментальная, практическая металлургия*, впитывая достижения физикохимии, продолжала и продолжает своё развитие трудами таких замечательных учёных и практиков, как П.Г. Соболевский, П.П. Аносов, Д.К. Чернов, А. Совье, И.И. Сидорин, Г. Бессемер, П. Мартен, Томас, А.А. Бочвар, Г.В. Курдюмов, А.П. Гуляев и др.

Следует отметить, что Ломоносов особое внимание придавал использованию достижений философии для развития физикохимии. Он хорошо знал и использовал работы Аристотеля, Лукреция, Лейбница. При этом он утверждал, что «истинный химик должен быть также и философом» [216].

4.1.3. «Дуга Ломоносова» в круговороте вещества и материалов – основа минералогической материалогии

В настоящее время не вызывает сомнения, что глобальные проблемы человечества, тесно связанные с небывалыми достижениями научно-технического прогресса, могут привести к катастрофе и гибели человечества в случае пренебрежительного невнимания к их решению. В связи с этим назрела необходимость изменения вектора развития науки, который должен быть направлен на благо человеческого общества [217]. Следует отметить, что много лет назад М.В. Ломоносов говорил о необходимости развития науки для пользы человека, прозорливо предугадывая новое направление её развития. Так, в «Слове о пользе химии» он писал: «Рассуждая о благополучии житья человеческого, слушатели, не нахожу того совершеннее, как ежели кто приятными и безпорочными трудами пользу приносит. Ничто на Земле смертному выше и благоразумнее дано быть не может …такое приятное, безпорочное и полезное упражнение где способное, как в учении, сыскать можно?» [212].

Сегодня новый вектор развития науки должен повлиять и на формирование отдельных наук и, в частности, на науку о материалах, что уже нашло отражение в новых учебниках по материалам, например, в [6–8], где решению ряда глобальных проблем человечества уделяется значительное внимание. Однако в большинстве публикаций систематически повторяются отдельные их виды – экология и проблемы ресурсосбережения (катастрофическое уменьшение запасов невозобновляемых ресурсов), которые тесно связаны с проблемами получения материалов. В работе [218] утверждается, что именно отрасли промышленности, производящие материалы, являются основой развития цивилизации. Наряду с классической энергетикой и транспортом в XX в. они заложили основу экологических кризисов и конечной гибели всего живого на Земле.

В связи с этим для решения проблемы промышленности, производящей материалы, российским учёным В.А. Резниченко [110] сформулирована триединая задача: перманентное обеспечение сырьём, перманентное обеспечение материалами и обеспечение экологической безопасности. Авторы полагают, что эти задачи требуют уточнения (см. рис. 10). Для решения триединой задачи требуется общая методологическая установка, которая заключается в системном и комплексном рассмотрении глобальных проблем человечества, относящихся к проблеме материала. Такой методологической основой является исследование и изучение круговорота вещества и материалов во «второй природе» [6, 7, 83, 208].

Началом и важнейшим сегментом этой работы является комплекс геологических, горных, металлургических работ, обозначенных в трудах М.В. Ломоносова, его исследованиях, обеспечивающих переход от сырья к материалу и рассмотрению экологических вопросов.

И лишь через три столетия вопрос комплексной переработки отходов и получения из них сырья и материалов в развитии идеи циклического кру-

говорота вещества и материалов во «второй природе» стал приобретать особую актуальность. В связи с этим сектор ЦКВМ авторы назвали «дугой Ломоносова» (см. рис. 13)

В настоящее время не существует отрасли науки, изучающей системно и комплексно триединую задачу на данном секторе. В то время как на «дуге Ломоносова» при современном развитии техники возможно получение материалов в регионах его добычи, что значительно расширяет возможности горно-добывающих регионов.

Однако современное материаловедение не рассматривает эти проблемы, хотя в иностранных учебниках уже их изучают в пределах нового «интеграционного материаловедения». Авторы предлагают новую науку о материалах – **материалогию**, разделом которой должно быть изучение движения минерального сырья к материалам с рассмотрением вопросов экологии. Этот раздел материалогии авторы монографии назвали *минералогической материалогией*, он рассматривает системно получение материалов на «дуге Ломоносова» в условиях устойчивого развития человеческого общества.

Пока же в высшей школе России не изучаются новые направления развития науки о материалах, и это грозит катастрофическим отставанием от уровня подготовки специалистов за рубежом, связанных не только с проблемой получения материалов, но и экологическими проблемами. «Дуга Ломоносова» должна быть освоена отечественным образованием и наукой.

4.1.4. Минералогическая материалогия – основа получения материала с использованием минерального сырья

Подход к решению проблемы сырьевой экономики, включающей ресурсосбережение и экологическую безопасность, при использовании научных методов можно проследить применительно к сырьевым регионам (в том числе Дальнему Востоку). Так, предлагаемые модели развития человечества [12, 110, 218] показывают, что к концу текущего столетия коллапс неизбежен и основная причина – истощение запасов невозобновляемых ресурсов. В связи с чем ключевой для развития человеческого общества и особенно для развития России становится проблема минеральных ресурсов и ресурсосбережения, это связано не только со всё возрастающей потребностью использования сырья, но и решением экологических проблем и устойчивым развитием общества.

Поэтому в данной монографии предлагается новый научный подход к решению проблемы сырьевой экономики, включающий ресурсосбережение и экологическую безопасность при использовании научных методов применительно к Дальневосточному региону.

Развитие сырьевой экономики должно включать ряд положений: отказ от пирогидрометаллургического, химического вскрытия концентратов, их обработки и получения материалов; получение необходимых материалов не только из минерального сырья, но и из отходов производств; создание комплексного и безотходного производства материалов, изделий с использованием высоких технологий. Сегодня проблему можно сформулировать следующим образом: ресурсосбережение, ресурсовосстановление, инновационное развитие сырьевой экономики. Инновационная часть проекта сырьевой экономики тесно связана с проблемами ресурсосбережения, ресурсовосстановления и экологии. И для её исследования предлагается общая структура научного познания применительно к естественным наукам [36].

Обзор и анализ литературных данных показал, что в отечественной и зарубежной литературе уделяется большое внимание добыче сырья, совершенствованию горных работ, но там нет существенно нового научного подхода [7, 8, 219–222]. Особое место занимают работы великого учёного, первого русского академика Михаила Васильевича Ломоносова. Его работы по геологии, минералогии, горному делу, металлургии, получению материалов в последовательности отражают начало процесса циклического круговорота при получении материалов и вещей и представляют комплексное исследование.

Сектор ЦКВМ – «дуга Ломоносова» (см. рис. 13), которым академик занимался практически все годы своей научной жизни, является важным в истории человечества, во многом определяет решение глобальных проблем, в том числе и экологических, истощения невозобновляемых ресурсов. Таким образом, М.В. Ломоносов обозначил ещё три века назад путь к процветанию России, от «развития науки, изучения материи» до «металлургии, получения материалов» и «художества». В каждой составляющей «дуги Ломоносова» он сделал ряд выдающихся открытий и обобщений.

Ломоносов прекрасно сознавал, что могущество западных стран в то время определялось значительным выпуском чугуна и железа, а следовательно, высоким развитием «художеств»: геологии и минералогии, горного дела и металлургии, техники. То есть он сознательно способствовал развитию соответствующих им направлений науки.

Начальный этап ЦКВМ – «дуга Ломоносова» (рис. 65) – в соответствии : этапами (Г-Д-П-М) достижения блага по Ломоносову от «развития науки» до «металлургии» и «художеств»:

Развитие науки
Развитие культуры
Просвещение народа
→ Добыча, переработка сырья
Металлургия, получение материалов
"Художества": техника, ремёсла, промыслы
→ ПРОЦВЕТАНИЕ РОССИИ

устремления к благу России, по Ломоносову, – это комплекс науки и «художеств», развиваемых им. И он не только соответствует современным представлениям науки, изучающей циклический круговорот вещества и материалов во «второй природе» (основы науки о материалах в современных условиях), но и опережает её (рис. 65). Именно геология, минералогия, горное дело, химия, физикохимия, металлургия, экология, получение материалов, в последовательности рассмотренные М.В. Ломоносовым, являются началом процесса круговорота при получении материалов и вещей. А «исправление нравов», по Ломоносову, является сегодня наиглавнейшей первоочередной народной задачей, и особенно для элиты нашей России.

Начальный этап ЦКВМ (рис. 65, А, Б, В, Г) в соответствии с этапами достижения блага, по Ломоносову, от развития духовных благ, через знания, нравы, науку – до «металлургии» и получения материалов (А–Г), включает в себя и «художества», т. е. изготовление техники, предметов народных промыслов (Д–МБ) для надобностей народа России.

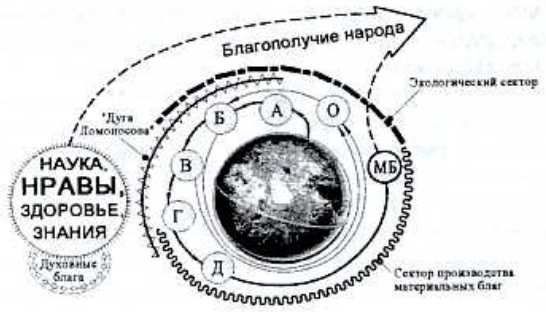


Рис. 65. Достижение благополучия народа, по Ломоносову: *А* – геология, физическая география; *Б* – добыча сырья; *В* – подготовка сырья (обогащение, т. д.); *Г* – «художества», получение материала; *Д* – ремёсла, народные промыслы; *О* – очистка воздуха; *МБ* – материальные блага

Гениальными представлениями М.В. Ломоносова о достижении благополучия народа было предопределено становление современного учения о ЦКВМ в природе и во «второй природе» с выделением основных доминирующих секторов (рис. 66): энергосырьевого (А, Б, В); материаловедческого (Г); производства материальных благ (Д–МБ); экологического (О). Для удобства изучения ЦКВМ все циклы можно рассматривать, сгруппировав их по общему функциональному назначению в четыре основных сектора (рис. 66), они взаимосвязаны и, естественно, в современных условиях чётких границ не имеют, например, экологический сопутствует каждому из них.

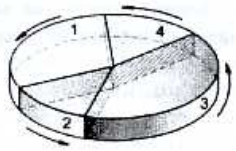


Рис. 66. Основные секторы циклического круговорота вещества и материалов: *1* – энергосырьевой; *2* – материаловедческий; *3* – производства и эксплуатации материальных благ; *4* – экологический

Следует отметить, что прерогатива изучения различных секторов ЦКВМ неодинакова: для большинства развитых стран (например, Япония, Германия) особый интерес представляют последние три сектора: материаловедческий, производства материальных благ, экологический. В то время как для большинства отсталых и развивающихся стран, добывающих сырьё, представляет интерес энергосырьевой сектор. Для России с учётом будущего развития представляют интерес все секторы ЦКВМ. Кроме этого, вызывает восхищение комплексный и системный подход к решению научных проблем, который недооценён и в настоящее время. Подход Ломоносова к проблеме получения материалов позволяет решать ряд современных глобальных проблем человечества.

Конечно, три века назад, во времена Ломоносова трудно было даже обозначить проблемы экологии, тем не менее М.В. Ломоносов исследовал и экологические вопросы, показав их решения в своей работе «О движении воздуха в рудниках». Можно предположить, что именно изучение взаимосвязи составляющих «дуги Ломоносова» привело впоследствии к успехам в развитии химии Д.И. Менделеева, учения В.И. Вернадского о ноосфере и нового учения о круговороте вещества и материалов в природе. Гениальные предвидения М.В. Ломоносова по устремлению науки к достижению благополучия народа (см. рис. 7) не только подвигли В.И. Вернадского к учению о ноосфере, но и сегодня вызывают восхищение и ждут своих продолжателей.

Надо признать, М.В. Ломоносов является истинным символом мудрости России, и чем больше соприкасаешься с его творчеством, тем сильнее утверждаешься в этом.

Минералогическая материалогия – раздел науки о материалах, изучающий изменение состава, структуры и свойств сырья и материалов, а также изменение энтропии при добыче, переработке сырья и создании материалов, их использовании вплоть до получения отходов как в общем замкнутом цикле ЦКВМ, так и на отдельных его секторах и циклах.

В настоящее время минералогическая материалогия формируется в виде раздела науки о материалах, изучающего получение сырья и материалов с заданными свойствами в условиях устойчивого развития как ресурсодобывающих регионов, так и человечества в целом.

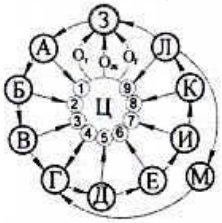


Рис. 67. Предлагаемая схема ЦКВМ: *А* – данные геологии, горного дела; *Б* – добыча сырья; *В* – подготовка, обогащение сырья; *Г* – получение материала; *Д* – создание изделий, конструкций; *Е* – использование изделий; *З* – Земля (материя, информация, энтропия); *И* – поломка изделий; *К* – реновация, демонтаж; *Л* – переработка отходов; *М* – повторное использование; *Ц* – центр сбора отходов и переработки; $O_{т, ж, г}$ – отходы твердые, жидкие, газообразные

Научной основной минералогической материалогии является исследование «жизни» материала от добычи сырья, его переработки до получения изделия, его эксплуатации и превращения в отходы, а также повторного получения сырья и материалов.

Целью минералогической материалогии является разработка теории и методологии перманентного обеспечения промышленности сырьём и материалами в условиях устойчивого развития человеческой цивилизации.

Задачей минералогической материалогии является разработка теории и практики комплексного, рационального использования сырья и материалов с целью уменьшения отходов производства, их вторичного использования и утилизации, разработка принципов выбора «жизненного» пути материалов как при ЦКВМ, так и внутри каждого отдельного сектора и цикла. В настоящее время обсуждаемая проблема, которой занимался Ломоносов, строго дифференцировалась, что не является во многих случаях положительным явлением. Технология металлов, материаловедение изучает этап Г (рис. 67), в то время как получение материалов и этапы Б, В в материаловедении не рассматриваются. Получение материалов на этапах Б, В должно рассматриваться в минералогической материалогии [80], и изучение этого раздела науки о материалах должно начинаться с рассмотрения «дуги Ломоносова».

Таким образом, начальной научной базой минералогической материалогии является исследование ЦКВМ для каждой группы материалов энергетического сектора и требует комплексного и системного подходов. В отличие от [6–8] авторами монографии предлагается ЦКВМ, состоящий из одиннадцати основных и десяти вспомогательных циклов, где дополнительно введены циклы А, Б, В (см. рис. 13, 65, 67): А) анализ данных геологических исследований и разработок; анализ банков данных по сырью; Б) добыча сырья; В) подготовка сырья его обогащение. Это циклы, изучение взаимосвязей и составляющих которых является приоритетным для минералогической материалогии.

При изучении циклического круговорота вещества и материалов особую важность, научный и практический интерес представляет сектор энергосырьевой А–Б–В–Г («дуга Ломоносова»). Этот сектор включает этапы: геологический, минералогический, горный, обогатительный, металлургический. Основанием для него у Ломоносова служила физикохимия. В современном учении о циклическом круговороте вещества и материалов в природе сектор круговорота «дуга Ломоносова» является одним из важнейших в жизнедеятельности человечества, так как во многом определяет решение его глобальных проблем и прежде всего экологических, а также ставит проблему истощения невозобновляемых ресурсов.

В соответствии со схемой (рис. 67) сырьё, добываемое из Земли, из биосферы, проходит ряд циклов, прежде чем воплотиться в искусственные средства деятельности: изделия, продукты, сооружения и т. д., которые в последующем эксплуатируются человеком. При этом они неизбежно идут к своей «гибели» (поломке, выходу из строя, демонтажу и т. д.). Переработка отходов (цикл Л) после разборки, демонтажа изделий (К), происходит на последнем этапе. При выполнении каждого цикла ЦКВМ образуются отходы, которые выделяются в паровой, жидкой и твёрдой фазах и загрязняют биосферу. В связи с чем предлагается идеальный вариант – сбор отходов в единый центр (Ц), в котором осуществляется их безотходная переработка с получением необходимого сырья и материалов. Однако этот вариант пригоден для крупных промышленных регионов, отдельных городов.

Возможен вариант переработки отходов для каждого цикла производства $Ц_i \leftrightarrow (1...9)$ (рис. 67). В связи с тем, что на каждом *i*-цикле ЦКВМ образуются отходы, для их переработки и утилизации должны образовываться центры повторной добычи сырья, в некоторых случаях утилизации и хранения. Предусматривается для каждого цикла образование своего *i*-центра, предприятия, малого предприятия. При этом для ряда промыш-

ленных предприятий возможно создание единого центра Ц. В связи с этим появляется ещё 10 дополнительных циклов: А–$Ц_1$; Б–$Ц_2$, ... $Ц_3$ ($О_т$, $О_*$, $О_т$).

Целью каждого цикла является получение полезного продукта с минимальным использованием минерального сырья и энергии, сокращение межцикловых связей, минимальное нарушение экологического состояния окружающей среды. Задачи эти могут быть решены только при комплексном подходе к проблеме материала и изделия. В этом направлении справедлива методологическая установка В.И. Вернадского о том, что необходимо рассматривать явления и процессы не по отдельным наукам, а по проблемам.

В данной работе основное внимание уделяется энергосырьевому сектору, который имеет большое значение для ресурсодобывающих регионов, таких как Дальневосточный Федеральный округ. В настоящее время изучением этого сектора ЦКВМ занимается минералогическая материалогия, которая включает в себя теоретические, методологические и экспериментальные исследования по получению материалов из минерального сырья в регионе его добычи с использованием высоких технологий. Так как замкнутый ЦКВМ не отвечает требованиям полного снижения уровня влияния глобальных проблем человечества, то в связи с этим представляет интерес ЦКВМ с незамкнутым циклом (см. рис. 38, 54), когда после каждого этапа преобразования вещества отходы не «замыкаются» (не возвращаются) на Землю, загрязняя биосферу, а используются замкнутые технологические процессы. Для осуществления незамкнутого на биосферу цикла требуются принципиально новые технологии и оборудование, позволяющие полное и комплексное использование сырья в режиме безотходного производства материалов без нарушения экологического равновесия в природе. Следует отметить, что уже в настоящее время возможно проектирование и создание плазменного котла с разделением, отбором и синтезом материалов для этих целей.

Начальным в ЦКВМ является энергосырьевой сектор – это область геологии, горного дела, восстановления концентратов, который в настоящее время практически не изучают ни металлургия, ни материаловедение, хотя уже в этом секторе возможно получение материалов. Энергосырьевой сектор особенно важен для изучения некоторых глобальных проблем и, в частности, катастрофического уменьшения невозобновляемых ресурсов, экологической опасности горных разработок, появления значительных отвалов, хвостохранилищ с большим содержанием вредных для человека химических соединений. С другой стороны, уже на этом этапе возможно получение различных материалов, что может привести к сокраще-

нию общего пути ЦКВМ и развитию ресурсодобывающих регионов при сокращении энтропии, в том числе за счёт сокращения расстояний при транспортных перевозках, увеличивающих время циклов.

Внутри каждого этапа ЦКВМ выполняется ряд технологий, требующих учёта влияния их на энтропийную и экологическую безопасность биосферы.

Очевидно, что человек должен и вынужден преобразовывать естественную природу в искусственную («вторую природу») «очеловеченную природу», которая постепенно и неотвратимо наступает на естественную и поглощает её. Ещё Цицерон (в Книге II «О природе Богов», 140 с.) отмечал, что своими руками мы создаем «в Природе как бы "вторую природу"».

«Вторая природа», так же как и естественная, имеет свой круговорот вещества, а также материалов и изделий. Изучение круговорота вещества, материалов и изделий, а также управление им является базой для практической реализации концепции устойчивого развития человеческого общества, гармонии существования человечества в Природе. Управляемый круговорот вещества, материалов и изделий – существенный источник пополнения материальных ресурсов, получения новых материалов.

В развитых странах особый интерес представляет исследуемая проблема ресурсовосстановления, которая поставлена уже в практическую область. Следует отметить, что ЦКВМ стал одним из основных разделов науки о материалах в развитых странах, например в Германии [6]. На основании ЦКВМ там создают центры по добыче сырья и материалов из бытовых и производственных отходов. Кроме воспроизводства материалов, реализуются идеи «экологически-социального рыночного хозяйства» [223]. Этот путь развития по созданию «экологического общества» и спасению биосферы, путь ресурсосбережения является одним из основных для современной цивилизации.

Вопрос об использовании минерального сырья (руд и концентратов) без их восстановления, либо с восстановлением без пирогидрометаллургического передела, в материаловедении для получения непосредственно материалов не рассматривался, также как и круговорот вещества и материалов, хотя исследование этих вопросов должно способствовать решению взаимосвязанных проблем: экономических, энергоресурсных, экологических, технологических. Минералогическая материалогия, таким образом, является разделом новой интеграционной науки, материалогии, изучающей взаимосвязь состав–технология–структура–свойства минерального сырья и отходов производства, их изменение. В том числе под действием концентрированных потоков энергии и механических воздействий с

целью создания материалов и изделий с заданными свойствами в районе его добычи с использованием критериев устойчивого развития.

Первоначальными и наиболее значимыми составляющими звеньями ЦКВМ и минералогической материалогии являются этапы А–Б–В (см. рис. 67), где наблюдаются наибольшие энергозатраты и отходы минерального сырья и где возможны наибольший эффект его рационального и комплексного использования, экономия энергоресурсов. Эмпирическое правило гласит: на каждую тонну мусора, образуемого у конечного производителя, приходится пять тонн отходов на стадии производства и ещё 20 т на месте добычи ресурса [121]. Следовательно, минералогическая материалогия подразделяется на два основных подраздела: исследование возможности создания и получения материалов непосредственно из минерального сырья, минуя пирогидрометаллургический передел (первый подраздел), и возможность создания и получения сырья и материалов из отходов, образующихся на всех циклах ЦКВМ (второй). В данной работе основное внимание посвящено первому. В отечественной литературе [74, 81, 221–224] обсуждаются вопросы переработки минерального сырья с использованием концентрированных потоков энергии, плазменной переработки минерального сырья, методов алюминотермии и др.

4.2. Минералогическая материалогия – основа получения материалов в ресурсодобывающих регионах

4.2.1. Минералогическое материаловедение – начальный раздел науки о материалах

Как уже было показано, существует большое разнообразие определений материаловедения, а вернее его разделов, связанных с решением многочисленных и сложных проблем, рассматриваемых данной наукой, а с другой стороны, с отсутствием общепринятой классификации в материаловедении.

В ряду разделов и подразделов значительный научный и практический интерес представляет материаловедение неорганических естественных материалов как исходного сырья для химико-металлургического производства и как материалов, широко используемых в хозяйственной деятельности. Предлагаемое авторами минералогическое материаловедение – это начальный раздел материаловедения, изучающий принципы выбора материала из минерального сырья, а также принципы создания материалов непосредственно из минерального сырья с использованием концентрированных потоков энергии, обеспечивающих высокопроизводительный технологический процесс с максимальным комплексным использованием. Минералогическое материаловедение базируется на изучении взаимосвязи состав–структура–свойства минерального сырья и технологии его обработки с использованием наиболее значимых достижений классической технологии (пирометаллургии). Классическое материаловедение формировалось на исследованиях систем, близких к равновесным. Но при обработке минерального сырья с использованием концентрированных потоков энергии процесс происходит в условиях, далёких от равновесия, обеспечивающего самоорганизацию диссипативных структур и сопровождающегося нарушением симметрии исходного состояния, и это требует других подходов.

Изучение минерального сырья и минералов оставалось уделом минералогии, кристаллографии, кристаллохимии, выводы которых особенно важны в вопросе использования минерального сырья в качестве материалов, и идеи которых заложены в физическую химию, металловедение, а затем и в материаловедение. Конечно, материаловед обязан интересоваться всей цепочкой переработки минералов или соединений, получения металла, начиная от руды и кончая готовой конструкцией. При этом весьма актуальной является задача извлечения металлов непосредственно из горной массы, без предварительного разделения содержащихся в ней минералов и без обогащения. Уже сейчас имеется возможность получать сплавы путем непосредственной плавки окислов или даже концентратов, используя электронно-вакуумную технологию, минуя стадию восстановления специальными восстановителями. Весьма перспективен, например, электрошлаковый переплав [225].

4.2.2. Основные парадигмы минералогического материаловедения

В виду того, что основы минералогического материаловедения зарождались в процессе развития минералогии, кристаллографии, кристаллохимии, первые парадигмы, предложенные на основе работ великих русских ученых, связаны с получением и обработкой сырья и, следовательно, названы именами этих учёных.

Первая парадигма В.И. Вернадского включает необходимость циркуляции металлов и неметаллических полупродуктов, создания материалов с учетом не только свойств, но и распространенности элементов в природе (на основе Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti).

Вторая парадигма была предложена в 1932 г. А.Е. Ферсманом – полное использование ценных компонентов (комплексное использование минерального сырья) и создание производств, которые подбираются к сырью.

Третья парадигма И.П. Бардина – отходы одних переделов минерального сырья должны быть сырьем для других.

Четвертая парадигма Э.В. Брицке – технология производства материалов сосуществует с окружающей средой, когда используется принцип комплексного использования сырья.

Таким образом, первые четыре парадигмы связаны с комплексным использованием минерального сырья и необходимостью устойчивого развития человеческого общества [172].

Необходимость изучения этих проблем связана с катастрофическим уменьшением минерального сырья и ухудшением экологической обстановки на Земле. В связи с этим были проведены многочисленные исследования, которые позволяют сформулировать следующие парадигмы.

Пятая парадигма В.А. Резниченко – для возможности решения триединой задачи (перманентное обеспечение сырьем и материалами, сохранение окружающей среды) необходимо обеспечить замкнутое производство материалов. Схема такого производства (см. рис. 26) особенно наглядно представлена на Неделе материалов в Чикаго [4, 5].

Шестая парадигма – для решения триединой задачи В.А. Резниченко необходимо создание мини-заводов в местах добычи сырья с использованием высоких технологий (плазмохимия, лазерная, электронно-лучевая обработка, электрошлаковый переплав, СВС-метод, экстремальные методы порошковой металлургии, алюмотермия и др.).

Решение задач, связанных с выполнением парадигмы В.А. Резниченко не позволяет осуществить безотходные производства материалов. Идеальной схемой производства, ориентиром на будущие технологии должна быть замкнутая схема производства материалов, при этом ЦКВМ не должен замыкаться на биосферу и загрязнять её отходами (см. рис. 38, 54).

Седьмая парадигма – при действии на минералы (минеральное сырьё) концентрированных потоков энергии (в условиях лазерной, электронно-лучевой, электроискровой, алюмотермии, электрошлаковой, плазменной обработки; экстремальных методов порошковой металлургии и др.) возможно разложение минералов, их восстановление и получение элементов, сплавов и соединений. Эта парадигма подчеркивает, что технологической основой минералогического материаловедения должны быть не пиро- и гидрометаллургические процессы, а процессы, связанные с воздействием

на минеральное сырье концентрированных потоков энергии (высоких градиентов температур и давлений).

Основной целью минералогического материаловедения, как следует из определения, является разработка принципов выбора и получения материалов в условиях комплексного использования минерального сырья, в соответствии с приведенными парадигмами.

В связи с этим возникают три основные задачи.

1. Разработка банков данных по минеральному сырью (региональному) и известным материалам.

2. Исследование взаимосвязи состав–структура–свойства минерального сырья для возможности непосредственного использования на практике.

3. Исследование взаимосвязи состав–структура–свойства–технология для возможности получения материалов из минерального сырья в условиях применения высоких технологий.

Наиболее сложной является третья задача, включающая в себя решение проблем получения материалов с заданным уровнем свойств:

1) исследование влияния высококонцентрированных потоков энергии на структуру, состав и свойства минерального сырья;

2) разработка принципов выбора минерального сырья для получения материалов с заданным уровнем свойств;

3) исследование влияния катализаторов, восстановителей на протекание реакций разложения и восстановления минерального сырья при воздействии концентрированных потоков энергии;

4) исследование плотности мощности потока энергии на степень разложения и восстановления минерального сырья;

5) разработка принципов получения известных материалов из рудных и минеральных ассоциаций, имеющихся в данном регионе;

6) зависимость термодинамических характеристик минерального сырья от давления и температуры.

4.2.3. Минералогическое материаловедение и использование новых принципов переработки минерального сырья

Получение материалов из минерального сырья, минуя технологии пирогидрометаллургии (в том числе хлорирования и фторирования), требует новых подходов в условиях соблюдения комплексной его переработки. Это связано с созданием мобильных мини-заводов в местах добычи минерального сырья. Технологии, используемые на мини-заводах, должны

обеспечить получение значительного количества материала высокого качества путем интенсификации переработки минерального сырья.

В настоящее время в литературе обсуждаются предложения, касающиеся физических методов интенсификации химических превращений. Их обобщение [226] сводится к важному положению: физические воздействия – механические, электромагнитные, акустические, оптические, радиационные – относятся к энергетическим, т. е. термодинамически объяснимым и приводящим к изменению свойств и состояний обрабатываемых систем. Применение интенсифицирующих физических воздействий позволит ставить и решать задачи повышения эффективности традиционных, а затем и новых способов химико-технологической обработки.

По В.В. Кафарову [227], в процессах, сопровождающихся тепломассообменом, воздействие на вещество связано с ускорением переноса энергии и массы. Интенсификация в этом случае направлена на создание больших градиентов движущихся сил. Такое положение может стать одним из основных для разработки высоких технологий комплексной переработки минерального сырья. Повышение температуры технологического процесса и градиента температур и давлений, приводящих к интенсификации процесса обработки, объясняется широко известным правилом Вант-Гоффа. С помощью этого правила можно примерно оценить влияние температуры на скорость реакции, в соответствии с которым при повышении температуры на каждые 10 °С она увеличивается в 2–4 раза.

Более точное описание зависимости скорости от температуры осуществлено в рамках теории активации Аррениуса, которое выражается следующей формулой:

$$k = A \cdot e^{\left(\frac{E_a}{R-T}\right)},$$

где k – константа скорости реакции; A – постоянный множитель; E_a – энергия активации; R – постоянная газовая; T – температура.

Из этого уравнения следует: к значительному возрастанию скорости реакции приводит даже небольшое снижение энергии активации; влияние температуры на скорость, как правило, сильнее, чем больше E_a реакции. Реакции с высоким E_a при низких температурах протекают с малыми скоростями, однако влияние температуры на скорость таких реакций более значительное. Предэкспоненциальный множитель представляет собой частоту колебаний по линии разрываемой связи (при низких температурах). Однако для процесса получения материалов из минерального сырья,

очевидно, недостаточно высокой температуры (например, низкотемпературной плазмы). Необходимо, кроме того, учитывать градиент изменения температуры, а также давления.

Известно, что основным процессом при обработке минерального сырья являются диссоциация и восстановление окислов, которые происходят одновременно. Восстановитель отнимает кислород от твердой окисной фазы и связывает его в газовой фазе. Так, по-видимому, можно представить механизм восстановления легко- или труднодиссоциирующихся окислов при высоких температурах.

Представляет интерес для создания новых технологий осуществлять диссоциацию и восстановление без восстановителя, используя действие высоких температур и давлений среды, при этом процессы происходят в крайне неравновесных условиях. Для характеристики степени неравновесности можно взять скорости, градиенты плотности энергии и интенсивности внешних воздействий [228]. Использование принципов синергетики при получении материалов из минерального сырья открывает большие возможности для рационального выбора технологии и получения материала с заданной диссипативной структурой [221, 228].

Таким образом, решение проблемы комплексной переработки минерального сырья с использованием новых принципов должно включать:

1) интенсификацию восстановительных процессов в системе (электронные, фотонные потоки, облучение, ультразвук, ионизация, электрическое, магнитное поле и т. д.), поиски новых технологических схем восстановительных процессов на основе изучения механизмов этих воздействий;

2) исследования термодинамики, кинетики и механизма высокотемпературных процессов восстановления и диссоциации окислов металлов в сложных системах, разработку технологии комплексного использования полиметаллического сырья и построение новых технологических схем получения металлов и сплавов;

3) исследования кинетики и механизма восстановления рудных материалов и других оксидных систем при повышенных температурах и высоких давлениях для использования этих параметров в качестве интенсификаторов в существующих и новых технологических процессах;

4) исследования газодинамики, тепло- и массопереноса в условиях осуществления восстановительных процессов, разработку их математических моделей как основы научного прогнозирования возможных эффектов для интенсификации и автоматического регулирования производственных восстановительных процессов.

4.2.4. Схемы получения материалов из минерального сырья

В последнее время во всем мире наблюдается возрастающий интерес материаловедов к природным материалам как к исходным реагентам общего цикла производства.

Авторами предлагается три основных подхода к созданию материалов непосредственно из минерального сырья.

1. Метод подбора (рис. 68) заключается в выборе минерального сырья непосредственно для практического применения исходя из требований, предъявляемых практикой к материалу. Выбор осуществляется с использованием банка данных по минеральному сырью, а также на основании изучения взаимосвязи состав–технология–структура–свойства минерального сырья. Так, например, добываемые алмазы в связи с высоким уровнем физико-химических свойств используются не только как драгоценные камни, но и в качестве режущих материалов.

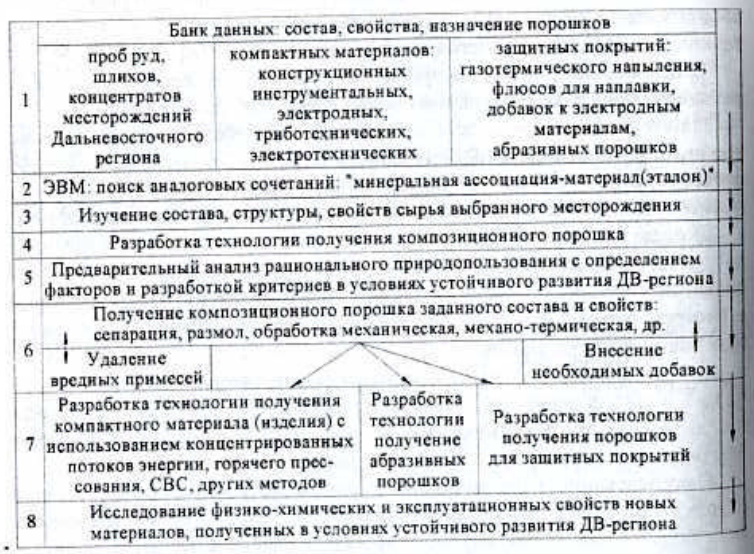


Рис. 68. Принципиальная схема получения композиционных порошков из минерального сырья

2. Метод копирования (рис. 69) – получение известных материалов из минерального сырья, имеющего сходный химический состав с материалом-эталоном, полученным из элементов или их соединений. Обработке подвергается природный концентрат (или концентраты) одного или нескольких рудных месторождений, который выбирается на основе оценки химического состава и структуры уже существующего материала и наличия аналоговых сочетаний в минеральном сырье.

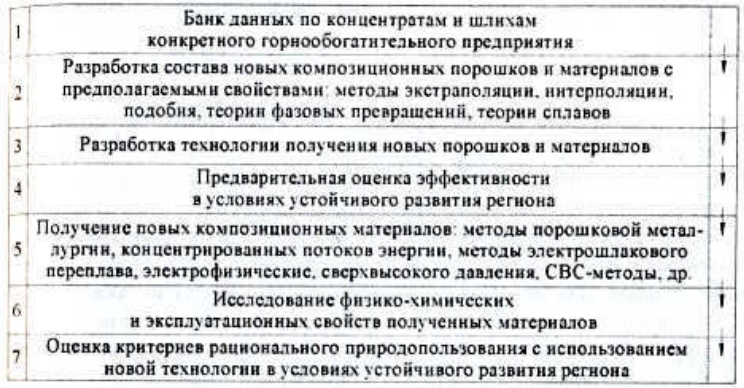


Рис. 69. Принципиальная схема получения новых композиционных порошков и материалов из минерального сырья (метод копирования)

В этом случае, как правило, химический состав минерального сырья и получаемого материала (изделия) будет отличаться от состава материала-эталона.

Задачей минералогического материаловедения является повышение физико-химических и эксплуатационных свойств полученного материала за счет сопутствующих элементов или соединений.

3. Создание новых материалов с применением методов экстраполяции, интерполяции, подобия, корреляции с учетом функциональных зависимостей между химическим составом, структурой и свойствами материала, полученного на основе анализа состава и свойств минерального сырья.

Разработка неорганических материалов с применением указанных подходов требует решения ряда проблем, находящихся на стыке металлофизики, физики твёрдого тела, металлохимии, теоретической и прикладной металлургии. Это уже сформировавшаяся особая область знаний – физическое материаловедение.

Разработка композиционных материалов с использованием банков данных по минеральному сырью и известным материалам осуществляется в Институте материаловедения ХНЦ ДВО РАН. Получен ряд перспективных конструкционных, инструментальных, электродных материалов.

4.2.5. Новые материалы и покрытия, получаемые из минерального сырья

Современное материальное производство характеризуется истощением минеральных ресурсов и ухудшением экологической обстановки. Чем короче путь от минерального сырья к готовому материалу (для изготовления изделий), тем более эффективно его производство. В связи с этим получение материалов (конструкционных, инструментальных, наплавочных и др.) непосредственно из минерального сырья является весьма актуальной задачей. Поэтому материаловедение должно также включать отдельный раздел «Минералогия» – изучение взаимосвязи состав–технология–структура–свойства минерального сырья (материаловедение минерального сырья).

Возможности получения известных и новых материалов непосредственно из минерального сырья значительно расширяются при использовании энергонасыщенных технологических методов, позволяющих осуществлять «вскрытие» концентратов, их восстановление и синтез материалов.

Таким образом, обозначается новое научное направление – создание конструкционных, инструментальных и наплавочных материалов методами порошковой металлургии, воздействием концентрированных потоков энергии (лазерная, электронно-лучевая, электроэрозионная и др.), плазмохимическими методами, энергонасыщенными методами (электродугового, электрошлакового переплавов, алюмотермии, механоактивации).

Однако в литературе имеются отдельные несистематизированные сведения об использовании минерального сырья для непосредственного получения материалов и покрытий. В настоящее время идет накопление экспериментальных данных в этом направлении, однако представляется возможным уже сейчас сделать ряд обобщающих выводов.

После выбора необходимого концентрата (или концентратов) на основании ранее изложенных принципов осуществляется выбор технологии его обработки. В настоящее время не изучена взаимосвязь состава–структуры–свойств минерального сырья и технологии на состав–структуру–свойства получаемого материала. В связи с этим используются приближенные, предварительно полученные экспериментальные данные для обработки минерального сырья.

Обработка сырья осуществляется по известной схеме, которая в отличие от общепринятой, не использует традиционные пирогидрометаллургические методы (рис. 70).



Рис. 70. Общая (упрощенная) схема получения материалов из минерального сырья

Несмотря на сходство общей технологической схемы получения материалов при пирогидрометаллургии и схемы при непосредственном использовании минерального сырья, этапы 2, 3 принципиально отличаются. Так, основной технологический этап 3 должен обеспечить высокопроизводительную обработку шихты на мини-агрегатах, мини-заводах за счет использования концентрированных потоков энергии.

Следует отметить, что в процессе получения материалов на данном этапе развития технологии образуются отходы, которые в большинстве случаев должны стать материалом для других производств. Образование отходов происходит в меньшем количестве, при лучшей экологической обстановке по сравнению с получением материалов при современной технологии пирогидрометаллургии.

Полностью безотходное производство может быть обеспечено созданием котла (плазменного).

В настоящее время техника располагает большим числом методов, позволяющих воздействовать на вещество и материалы концентрированным

потоком энергии. В практике института материаловедения ДВО РАН используются методы: электрофизические, плазменный, алюмотермии, СВС-методы, порошковые, электрошлаковый.

Значительные возможности в этом плане представляют методы порошковой металлургии (рис. 71).

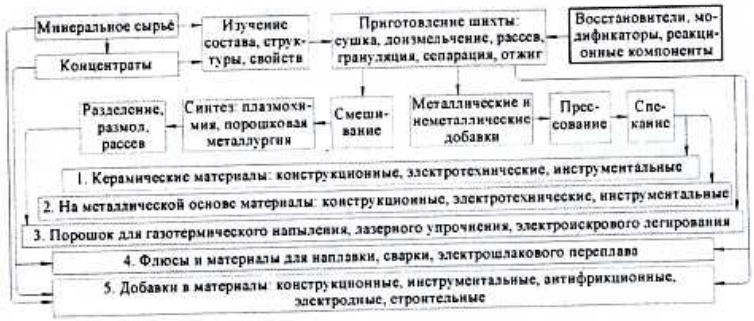


Рис. 71. Технологическая схема переработки минерального сырья методами порошковой металлургии

Для получения материала целевого назначения с заданными свойствами в состав шихты, помимо исследуемого минерального сырья, вводят дополнительные компоненты. Это могут быть восстановители (углерод, бор, алюминий и др.), модификаторы, изменяющие свойства исследуемых материалов, и реакционные компоненты (катализаторы, ингибиторы и др.). Из приготовленной соответствующим образом шихты получают тугоплавкие металлы или соединения (прямой синтез, метод СВС). Они в свою очередь используются в качестве исходных веществ для газотермического напыления, лазерного, плазменного, диффузионного упрочнения металлов (см. рис. 65) или для получения новых порошковых композиций с применением классических методов порошковой металлургии (прессование и спекание, горячее прессование, динамическое горячее прессование). Шлихи и концентраты также используют без дополнительной обработки как флюсы и материалы для электродуговой, электрошлаковой наплавки, химико-термической обработки. Используют их и как добавки к различным порошковым материалам конструкционного, инструментального, антифрикционного назначения, а также к строительным материалам, в качестве добавок при получении известных традиционных материалов с целью изменения физико-химических и технологических характеристик и уменьшения их себестоимости.

Наибольший интерес для получения материалов в условиях Дальневосточного региона представляют титаномагнетиты, датолит, брусит, вольфрамовый, молибденовый, медный, циркониевый концентраты: титаномагнетит россыпей Курильской гряды, состав которого после магнитной сепарации (мас. %): Fe_2O_3-46,7; FeO-35; TiO_2-8,4. Размер частиц титаномагнетита 0,4–1,5 мм; датолитовый концентрат [$CaB(SiO_4)OH$] следующего состава (мас. %): B_2O_3-16,5; SiO_2-32-34; CaO-36,5-39,0 использовался в борсодержащем компоненте при синтезе материалов; вольфрамсодержащий концентрат (ГОК «Восток-2» Приморского края, Лермонтовский ГОК) состава (мас.%): SiO_2-27,96; Al_2O_3-0,78; Fe_2O_3-5,29; WO_3-55,4; бадделеитовый концентрат (месторождение «Алгома» химический состав (мас.%): ZrO_2-41-49; SiO_2-2O-37; Fe_2O_3-3,6; CaO-4,1); брусит (Кульдурский бруситовый рудник, химико-минералогический состав бруситов: MgO-55-67%; CaO-0,2-1,3%; SiO_2-0,2-21%; Fe_2O_3-0,01- 1,0%).

Приведём примеры получения в Институте материаловедения ХНЦ ДВО РАН ряда материалов непосредственно из минерального сырья.

Электродные материалы для электроискрового легирования. Методом алюмотермии из вольфрамсодержащего концентрата (шеелита) и датолитового концентрата получены электроды, содержащие W_2B_5, WB, $A1_2O_3$, W-Fe, W-Ni, W-Co, W-Mo-Co, W-Ni-Mo, W-Ni-Zr, W-Cr. Разработанный процесс алюмотермии экологически чист и не требует дополнительных затрат электроэнергии. Более того, возможна утилизация алюминиевого лома. Шлак используется для изготовления абразивных порошков и паст. Себестоимость продукции в 6–15 раз ниже, чем получаемая по традиционным технологиям. Институт получил патенты на указанную технологию.

Созданы электродные материалы для электроискрового легирования (ЭИЛ) на основе карбида вольфрама с самофлюсующимися добавками в количестве 2–4 вес. % датолитового концентрата, позволяющие значительно улучшить условия формирования легированного слоя.

Показана возможность непосредственного использования концентратов минерального сырья и шлихов в качестве легирующих материалов. Разработана специальная установка для ЭИЛ порошковыми материалами.

Электродные материалы для электроэрозионной обработки. Разработана технология получения электрода-инструмента на основе вольфрам-медного псевдосплава следующего состава: W-Cu, W-Cu-WC, W-Cu-ZrO_2, W-Cu-W_2B_5, дисперсно-упрочненного тугоплавкими составляющими. Исходным сырьем для получения электродного материала служат вольф-

рам- и цирконийсодержащие концентраты. Отработаны технологические параметры восстановления, карбидизации и борирования шеелитового концентрата. Материалы получены методами горячего прессования, прессования и спекания в вакууме и в среде водорода, консолидацией с использованием энергии взрыва. Полученные электроды по эксплуатационным свойствам превосходят ныне широко используемые за рубежом электроды на основе сплава «Элько-найт», а их стоимость ниже в 2–3 раза.

Электродные материалы и флюсы для электросварки. Проводятся работы по использованию минерального сырья для изготовления сварочных электродов. Разработаны электроды общего назначения для сварки углеродистых и низколегированных сталей с основной и кислой обмазкой. В качестве шихты для обмазок экспериментальных электродов использовались концентраты, имеющие в своем составе титан, цирконий, вольфрам. В результате исследований свойства сварного шва установлено, что металл, наплавленный созданными электродами, имеет более мелкозернистую, равномерную структуру, чем получаемый сваркой электродами УОНИ-13-45, а ударная вязкость материала шва в 1,6 раза выше.

Абразивные материалы. Углетермическим восстановлением датолитового концентрата получены абразивные порошки с размером частиц 0,1–0,5 мкм, включающие SiC (41,1%), CaB_6 (11,1%), B_4C(93,5%) и не уступающие алмазной пасте.

Порошковые материалы. Получены порошковые материалы различного назначения, содержащие карбиды и бориды вольфрама и карбид кремния, углетермическим восстановлением шеелитового концентрата.

На основе изучения изоморфизма природных соединений вольфрама разработан метод ликвационной плавки вольфрамовых концентратов с получением вольфрамата натрия, карбидизация которого приводит к получению чистого карбида вольфрама. Эти технологии обеспечивают экологическую чистоту; себестоимость конечного продукта значительно ниже, чем при применении ныне существующих технологий, что подтверждено испытаниями на опытном участке Лермонтовского ГОКа (Приморский край) и Джидинском молибденовом комбинате (Читинская область).

Керамические материалы. Создана жаростойкая керамика на основе диоксида циркония из бадделеитового концентрата с добавкой брусита, предназначенная для использования в качестве огнеупорного материала, что обусловлено его низкой теплопроводностью, высокой стекло-, шлако- и металлоустойчивостью, стабильностью в окислительной и восстановительной атмосфере. Полученные из жаростойкой керамики тигли для плавки металла используются в стоматологии при температуре 1300–1500 °С.

Конструкционные материалы. Из стружковых металлоотходов (отходы титановых сплавов) и минерального сырья Дальневосточного региона (датолитовый и бадделеитовый концентраты) получены порошки на основе боридов титана и циркония. Синтезированные порошки рекомендуются для получения конструкционной керамики и нанесения защитных износостойких покрытий методом плазменного напыления и лазерной наплавки. Преимущество технологии заключается в высокодисперсности порошков. Размеры частиц таких порошков меньше, чем у стандартных (TiB_2 и ZrB_2). Синтезированные порошки обладают повышенной термостойкостью и сниженной (за счёт использования металлоотходов и минерального сырья) себестоимостью. Технология получения боридов защищена патентом. Для получения качественных сталей с добавками минерального сырья использовался электрошлаковый переплав сталей. Для этой цели был рассчитан и изготовлен ряд флюсов из местного минерального сырья с добавками шеелита, бадделеита, титаномагнетитового песка и др. Присадочным материалом служила проволока Св 08 ГС. В результате получен ряд сплавов, свойства которых существенно отличаются от свойств присадочного материала (содержание W до 9 %). Например, ударная вязкость стали, полученной с использованием бадделеита и титаномагнетита, в 2,1 раза выше ударной вязкости стали присадочной проволоки, переплавленной при стандартном флюсе АН-348В, а износостойкость в 1,95 раза превышает износостойкость стали 40ХН, улучшенной закалкой и отпуском.

Материалы для лазерной наплавки и легирования. Порошковые композиционные материалы на основе диборида титана (TiB_2) и оксида циркония (ZrO_2) с добавками SiC , получаемые из минерального сырья, а также порошки WC, бадделеитового, хромового концентратов наносились на стали (сталь 45, Х12Ф1, 65Г) методом шликерной намазки с последующей лазерной наплавкой. Все наплавки проводились в режиме оплавления основы, что обеспечивало достаточную глубину упрочнения поверхности стали тугоплавкой фазой. Исследование микроструктуры поперечного сечения образцов после наплавки показало, что наблюдается формирование чередующихся зон (белой и отпуска) с хорошим перемешиванием наносимого порошка с материалом основы. На незакаленной стали 45 с покрытием из ZrO_2 и Cr_2O_3 получено возрастание твердости от 3,2 до 10–11 ГПа, для ZrO_2 с добавками Ti в соотношении 2:1 – 18,3 ГПа и на покрытии WC-Co – до 30 ГПа. В составах, включающих ZrO_2 и Cr_2O_3, кроме исходных компонентов, обнаружено образование восстановленных фаз Zr и Cr.

4.3. Методология минералогической материалогии

В научном познании в последнее время приобрёл большое значение вопрос об использовании методологии в связи с возникновением глобальных проблем человечества, а также появлением всё увеличивающегося количества различных знаний и наук. Как известно, знания подразделяются на научные и ненаучные. К ненаучным знаниям относят обыденное, художественное, алхимическое, мифологическое, религиозное, ведическое, оккультные науки, паранаучное и т. д. [41, 56, 65]. На основе обыденного знания, основанного на здравом смысле, в прошлое и настоящее время были сделаны величайшие достижения и открытия в области техники, материалов.

Важнейшими проблемами, возникшими перед человечеством на рубеже XX–XXI вв., являются истощение природных, прежде всего, невозобновляемых ресурсов и всё возрастающая экологическая опасность. Критический уровень отношений между человеком, обществом и природой, дефицит ресурсов и деградация окружающей среды выливаются в конфликт интересов на государственном и международном уровнях. Такое положение заставляет менять парадигму развития государств и человеческого сообщества в целях устойчивого развития, в том числе и России [3, 12].

На первый взгляд, изменившиеся условия развития человеческого общества, а также изменение вектора развития науки создают выгодные условия для стран, имеющих значительные запасы минерального сырья и значительные земельные территории, таких как Россия. Однако это далеко не так в связи с тем, что имеющаяся слабая база по переработке минерального сырья находится преимущественно в западных регионах страны (или за рубежом), а добыча минерального сырья находится за тысячи километров от неё – на Востоке страны, что особенно характерно для Дальнего Востока РФ. В связи с этим в России как ресурсодобывающей стране для её устойчивого развития, в том числе ресурсодобывающих регионов, таких как Дальневосточный, остро ощущается проблема получения материалов и изделий в районе добычи минерального сырья.

Следовательно, актуальным для развития Дальневосточного региона является создание новых материалов с использованием местного минерального сырья на основе разработанной для этого методологии, а также последних достижений минералогического материаловедения по созданию легирующих шлаковых систем.

В связи с отсутствием в литературе научно обоснованной методологии частной науки предварительно были разработаны методологии материалогии и материаловедения на основе анализа базовых элементов науки, её разделов (цели, задачи, предмет исследования, концептуальные основы и т. д.), структуры научного познания.

Последовательность создания методологии минералогической материалогии заключалась первоначально в создании общей схемы разработки частнонаучной методологии (см. рис. 57, 58) и методологической матрицы (табл. 15), в которой определялись признаки базовых элементов материалогии. А затем с использованием принципов дополнения и конкретизации определялись признаки базовых элементов минералогической материалогии в сопоставлении с базовыми элементами материаловедения. То есть последовательно разрабатывались концептуальные основы методологии материалогии на базе общей и общенаучной методологии и методология материаловедения. Затем на основе методологии материалогии и материаловедения разрабатывалась методологическая матрица минералогической материалогии (табл. 16).

Таблица 16

Концептуальные основы методологии минералогического материаловедения

Составляющие элементы	МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ МАТЕРИАЛОГИЯ	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
Задачи исследований	Определение взаимосвязи "состав-структура-свойства" МС и "состав-технология-структура-свойства" получаемого материала с учётом экологической безопасности в условиях устойчивого развития региона, государства	Определение взаимосвязи состав-структура-свойства. Пиро-, гидрометаллургия, рафинирование
Цель исследований	Получение материалов и изделий из МС (и отходов) в регионе его добычи с применением высоких технологий в условиях устойчивого развития	Получение материалов заданных составов, структур и свойств
Отрасль науки	Геология, горное дело, экология, физико-химия (действие концентрированных потоков энергии на МС) порошковая металлургия	Химия, физика тв. тела
Производство	Горнодобывающее предприятие, обогатительная фабрика, малое предприятие по получению новых материалов и изделий	Металлургический, химический комбинат
Объект исследований	Первоматерия, первоматериал (руда), отходы производства, бытовые	Химические элементы соединения, сплавы
Технология	Переработка (технология Т1: концентрированные потоки энергии, порошковая металлургия, алюминотермия, механоактивация) → Отходы	Технология Т2: пиро-, гидрометаллургия, рафинирование → Отходы
Промпродукт	Концентрат, материал: сварочный, наплавочный, электродный, инструментальный, т.д.	Материал: слитки, прокат, т.д.
Дальнейшее использование	Промышленные технологии формообразования → Отходы	**Изготовление изделий** → Отходы

Она разрабатывалась на основе дедуктивного метода с использованием принципа дополнения и конкретизации, т. е. с соблюдением иерархической последовательности подчинения науки и её разделов, подразделов: методология предельно общая → общенаучная → материалогия → минералогическая материалогия.

В аспекте создания новых перспективных материалов представляет значительный научный и практический интерес разработка материалов на основе местного минерального сырья, потребность в которых остро ощущается в регионе в связи с широким использованием в промышленности, строительстве, судостроении, на транспорте, а также при создании, эксплуатации и ремонте технических устройств. Дальневосточный регион обладает большими запасами минерального сырья, содержащего тугоплавкие материалы Ti, Zr, W, а также бор и другие ценные элементы, что даёт возможность получения легированных сварочно-наплавочных материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства изготовляемых изделий.

Дальний Восток РФ традиционно поставляет концентраты элементов и соединений и, не имея конечной продукции, зависит от централизованных поставок материалов и изделий, в том числе инструментальных, электродных, сварочно-наплавочных материалов. Важнейшая задача науки и экономики Дальневосточного региона – превращение его из поставщика сырья в производителя материалов и изделий из них. В связи с этим развитие исследований в области материаловедения минерального сырья, базирующихся на знании местной сырьевой базы и учитывающих особенности рудных комплексов, имеет большое значение.

Новый подход к проблеме получения материалов и изделий в ресурсодобывающих регионах является сложной и важной проблемой, связанной с их устойчивым развитием, научной базой которой является минералогическая материалогия, ранее разработанная авторами [79, 80, 201].

Как известно, не существует общепризнанной методологии материаловедения и его разделов (минералогической материалогии) и подразделов (например, сварочно-наплавочных, электродных материалов), что ограничивает использование научного подхода к исследуемой проблеме.

Впервые при разработке указанных методологий предложен подход, базирующийся на гипотетико-дедуктивном методе получения знаний, т. е. от общего – к частному (рис. 72). Это даёт возможность быстро использовать научный подход при выборе компонентов шлаковой системы с использованием минерального сырья (МС) необходимого состава и концентрации, обеспечивающего высокие эксплуатационные свойства формируемых покрытий и сварного шва, экономичность и экологическую чистоту процесса.



Рис. 72. Предлагаемая гипотетико-дедуктивная схема создания сварочных материалов с использованием минерального сырья

Для постановки конкретных проблем минералогической материалогии необходима разработка её концептуальной основы, которая должна исходить из работ основоположника научного недропользования В.И. Вернадского. В рамках его известного философского учения о ноосфере как целостной оболочке Земли, населённой людьми и «рационально, сознательно преобразуемой ими в соответствии с законами сохранения и поддержания жизни для гармонического сосуществования общества и природы» [229].

В качестве основы для создания методологии минералогической материалогии использованы в разное время предложенные различные парадигмы недропользования [75] (см. табл. 1). Они являлись базой для формирования концептуальных основ минералогической материалогии. При этом парадигмы 6–8 являлись «рабочими».

Следует отметить, что все указанные парадигмы нацелены на рациональное, комплексное использование минерального сырья в условиях устойчивого развития. Однако анализ эволюции парадигм показывает, что их авторы в общем случае предлагают два основных подхода создания производств:

1) с замкнутым комплексом в рамках отдельных организаций, а также региональных отраслей промышленности (парадигмы 2, 6, 9), т. е. создание мощных комбинатов для промышленно развитых регионов, имеющих горные предприятия, мощную перерабатывающую, металлургическую и химическую промышленность, квалифицированные кадры;

2) малого, «дробного» производства сырья и материалов с использованием высоких технологий, что применимо для регионов, богатых минеральными ресурсами, но удалённых от перерабатывающих центров.

Следовательно, при одинаковой общей стратегии методологические, технологические принципы создания минералогической материалогии для двух подходов будут различаться. В данной работе главное внимание обращается на исследование второго подхода. Проведённые исследования в соответствии со вторым подходом в ИМ ХНЦ ДВО РАН, ИХ ДВО РАН, ИВЭП ДВО РАН, ДВГУПС, ТОГУ показали возможность получения конструкционных, сварочных, наплавочных, электродных и других материалов [82, 230]. При этом, как правило, применялись технологии с использованием концентрированных потоков энергии, а также порошковой металлургии. Геологический этап минералогической материалогии предусматривал в большинстве случаев использование банков данных по минеральному сырью, либо литературных данных по составу, запасам и разработке сырья по отдельным месторождениям Дальневосточного региона.

На базе методологии минералогического материаловедения в сопоставлении с методологией материаловедения разрабатывалась методология сварочных материалов с использованием минерального сырья (см. рис. 2). Для разработки минералогической материалогии изучалось начало круговорота вещества и материалов во «второй природе», начиная от геологической обстановки в регионе, добычи МС, до его переработки.

Возможность получения материалов на этапах Д и П (рис. 73) ранее в литературе не рассматривалась (кроме строительного материаловедения), хотя для решения проблемы получения материалов непосредственно из минерального сырья в регионе его добычи с использованием высоких технологий представляет значительный научный и практический интерес.

Вопрос получения материалов без их восстановления, либо с восстановлением без пирогидрометаллургического передела об использовании минерального сырья (руд и концентратов) в материаловедении не рассматривался, также как и круговорот вещества и материалов, хотя исследование этих проблем должно способствовать решению взаимосвязанных проблем: экономических, энергоресурсных, экологических, технологических. Минералогическая материалогия, таким образом, является разделом новой интеграционной науки – материалогии, изучающей взаимосвязь состав–технология–структура–свойства минерального сырья и отходов производства, их изменение, в том числе под действием концентрированных потоков энергии и механических воздействий с целью создания материалов и изделий с заданными свойствами в районе его добычи с использованием критериев устойчивого развития.

Первоначальными и наиболее значимыми составляющими звеньями циклического круговорота и минералогической материалогии являются этапы Земля – Д, Д – П (рис. 73), где наблюдаются наибольшие энергозатраты и отходы минерального сырья и где возможен наибольший эффект его рационального и комплексного использования, экономии энергоресурсов. Однако не менее важны этапы ПО – ПИ, ПИ – М и О (твёрдые, жидкие, газообразные), появляющиеся от каждого цикла ЦКВМ. Следовательно, минералогическая материалогия подразделяется на два основных подраздела: 1) исследование возможности создания и получения материалов непосредственно из минерального сырья, минуя пирогидрометаллургический передел; 2) возможность создания и получения сырья и материалов из отходов, образующихся на всех циклах ЦКВМ.

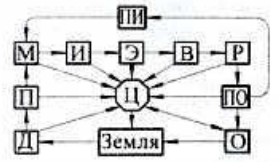


Рис. 73. Этапы ЦКВМ на Земле: Д – добыча сырья; П – переработка сырья (дробление, обогащение и т. д.); М – получение материалов (переработка металлургическая, химическая и т. д.); И – изготовление, получение изделий; Э – эксплуатация, использование изделий; В – выход из строя, поломка изделий; Р – разборка, реновация изделий; ПО – переработка отходов; О – отходы (твёрдые, жидкие, газообразные, радиоактивные и т. д.); ПИ – повторное использование материала; Ц – центр добычи материалов из сырья и отходов

На основании разработанной методологии минералогической материалогии была предложена гипотеза использования ряда концентратов для получения легированной шихты – шеелитового, бадделеитового, датолитового и других концентратов. Основная гипотеза состояла в том, что при нахождении предложенных концентратов в шихте и воздействии дуговых разрядов на неё, должно наблюдаться их разложение и легирование наплавленного, свариваемого материала элементами Ti, Zr, W, B, или их соединениями с образованием карбидов, боридов.

Основная гипотеза. Для возможности ресурсосбережения и ресурсовосстановления в условиях устойчивого развития, в том числе Дальневосточного региона, необходимо использование высоких технологий, исключающих химические технологии, пирогидрометаллургический передел минерального сырья. С этими технологиями могут быть связаны процессы, использующие концентрированные потоки энергии (дуговой, искровой разряды, плазменные потоки, лазерное излучение, электронные потоки), а

также методы порошковой металлургии, биотехнологические процессы. Однако в литературе не имеется систематических сведений о воздействии высококонцентрированных потоков энергии на минеральное сырьё. Такие работы начаты на кафедре «Технологии металлов» ДВГУПС, и они касаются пока только действия дугового разряда на минеральное сырьё [82]. Сходные вопросы решены в [221, 231]. В Институте материаловедения ХНЦ ДВО РАН проведены систематические исследования [232] влияния нагрева до 1000–1200 °С на изменение состава, структуры минерального сырья, которые показали частичное его восстановление, образование новых фаз. Однако магистральным направлением дальнейших исследований, которые могут привести к принципиально новым технологиям по обработке минерального сырья и получения новых материалов является использование концентрированных потоков энергии, методов порошковой металлургии и биотехнологических методов. Уже первые исследования [83] показали перспективность этого направления.

В связи с отсутствием систематических исследований, методологических и концептуальных основ воздействия концентрированных потоков энергии на минеральное сырьё работы в этом направлении не получили практической реализации. Для начала систематических исследований в этой области предлагается основополагающая гипотеза, которую можно подразделить на два направления.

Методология минералогической материалогии разрабатывалась на основе дедуктивного метода, т. е. с соблюдением иерархической последовательности подчинения науки и её разделов, подразделов: методология предельно общая (философская) → общенаучная → материалогия → минералогическая материалогия. В связи с отсутствием в литературе научно обоснованной методологии частной науки (в том числе материаловедения, материалогии) предварительно были разработаны методологии материаловедения и материалогии. Создание методологий материаловедения, материалогии и минералогической материалогии осуществлялось на основе анализа базовых элементов науки, её разделов (цели, задачи, предмет исследования, концептуальные основы и т. д.), структуры научного познания. При этом для последовательного учёта изменений базовых элементов, при переходе от частной науки к её разделам, использовались принципы дополнения и конкретизации.

Для определения стратегического направления исследований в области минералогической материалогии на базе её концептуальных основ была определена методологическая формула (рис. 74).



Рис. 74. Методологическая формула ММ: C_1 – свойства полученного материала после техпроцесса T_1; C_2 – свойства после окончательной обработки материала (после T_2)

На основании общей структуры научного познания [233] с учётом методологической матрицы и методологической формулы была разработана методологическая схема создания и получения материала из минерального сырья (рис. 75), которая легко трансформируется в методику получения материала из выбранного минерального сырья (в том числе для Дальневосточного региона) с использованием принципов дополнения и конкретизации.



Рис. 75. Методологическая схема создания и получения материала из минерального сырья

Таким образом, решение одной из глобальных проблем человечества – проблемы ресурсосбережения и ресурсовосстановления может быть осуществлено с помощью науки, с использованием концептуальных методологических и технологических основ, её современных достижений. Предлагаемый раздел новой интеграционной науки о материалах – минералогической материалогии нацелен на решение этой проблемы с использованием высоких технологий, инновационного развития сырьевой экономики. Задачей её является поставка на рынок не минерального сырья, а материалов и изделий, что позволит решить проблему устойчивого развития добывающих регионов и сохранения окружающей среды.

При этом следует отметить, что истоки развития основных базовых ценностей в становлении этого раздела науки о материалах были заложены в гениальных трудах М.В. Ломоносова.

4.4. Материалогический подход к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов на основе минералогической материалогии

Необходимость новой науки о материалах ощущается и в других странах, где говорят о необходимости интеграционного материаловедения, охватывающего базовые учебные элементы таких научных разделов, как

1) циклический круговорот вещества и материалов;
2) минералогическая материалогия;
3) технология материалов.

Появление новых разделов связано не столько с расширением предмета исследований, сколько с необходимостью учета современных требований к науке о материалах, обеспечивающих устойчивое развитие человеческого общества.

4.4.1. Минералогическая материалогия

Минералогическая материалогия – раздел новой интеграционной науки материалогии, изучающей взаимосвязь состав–технология–структура–свойства минерального сырья и отходов производства и ее изменение под действием концентрированных потоков энергии и механических воздействий с целью создания материалов и изделий с заданными свойствами в районе его добычи с использованием высоких технологий и соблюдением критериев устойчивого развития. Она охватывает вопросы возможности получения материалов на этапах ЦКВМ: Д, П.

Как уже было сказано, тенденции использования минерального сырья, а также оценка объёма их ресурсов в мире вызывают опасения. В недалёком будущем человечество останется без минерального сырья при нынешнем отношении к нему: потенциальные пределы возможностей окружающей среды не смогут противостоять всё возрастающим объёмам отходов (их сбросов и выбросов в землю, воду и воздух) производств. Всё это требует тщательного анализа и изучения движения вещества и материалов, начиная от оценки месторождений и добычи минерального сырья до получения материала, вещи и движения её к своей «гибели», т. е. изучения циклического круговорота вещества и материалов. Кроме того, важнейшим вопросом в этом плане является использование технологий, обеспечивающих минимальный «сток» загрязняющих веществ и экономию энергии. На основании этого исследование круговорота вещества и материалов открывает возможности рационального, комплексного использования минерального сырья в условиях устойчивого развития, а также создания перспективных для этого технологий.

Таким образом, прерогативой минералогической материалогии являются циклы ЦКВМ: Земля – Д; Д – П, а также ПО – ПИ; ПИ – М, а также отходы от каждого цикла общего ЦКВМ (см. рис. 13). Особый интерес представляют начальные этапы круговорота вещества и материалов, где наблюдаются наибольшие затраты энергии и отходы минерального сырья, а рациональное и комплексное использование минерального сырья приведёт к наибольшей эффективности. Следовательно, минералогическая материалогия изучает не только возможность создания материалов непосредственно из минерального сырья, но и из отходов.

4.4.2. Материалогический подход к устойчивому развитию сырьевых регионов

Важнейшими проблемами, возникшими перед человечеством на рубеже XX–XXI вв., являются истощение природных, прежде всего невозобновляемых минеральных ресурсов, и всё возрастающая экологическая опасность, грозящая гибелью человечества.

В России разработка концепции устойчивого развития началась в 1994 г., но без широкого её обсуждения в обществе. Проект такой концепции, несмотря на доработки, был подвергнут серьёзной критике. В связи с этим ведущие учёные и известные общественные деятели настоятельно обращали внимание на необходимость разработки национальной стратегии устойчивого развития России и отдельных её регионов, имеющих специфические условия. И попытка создания такой концепции была осу-

ществлена. В 2000 г. на основе результатов комплексных исследований крупнейших учёных более 20 ведущих институтов РАН был опубликован фундаментальный научный труд «Новая парадигма развития России в XXI веке» [12].

В указанной работе [12] на примере отдельных регионов, в том числе Хабаровского края, показано, что проблемы их устойчивого развития, как и России в целом, теснейшим образом связаны с рациональным использованием природно-ресурсного потенциала. Наибольший интерес в рассматриваемом авторами аспекте представляют главы первая и девятая. В частности, академики В.А. Коптюг, В.М. Матросов, Г.А. Заварзин и их соавторы [12] отмечают, что особенно болезненно воспринимается стержневое положение действующей сейчас рыночной экономики – погоня за максимальной прибылью: безудержно экспортируя минеральное сырьё, Россия «проедает» саму себя. Добыча и, к сожалению, пока ещё лишь частичная переработка полезных ископаемых, по мнению академика И.П. Дружинина [12], имеет достаточно большой удельный вес в хозяйственной деятельности субъектов Дальневосточного Федерального округа.

Казалось бы, что на данном этапе развития человечества выигрывают страны и регионы, имеющие и добывающие ценное минеральное сырьё. Но это далеко не так в связи с особенностями развития регионов, удалением их от перерабатывающих центров, слабой инфраструктурой. Необходимо учитывать, что многие наиболее рентабельные месторождения (железных и урановых руд, цветных и благородных металлов и т. д.) остались в других республиках после распада СССР. Хотя Россия и сохранила огромные богатства природных минеральных ресурсов, разработка месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке в связи с дорогой инфраструктурой приобретает высокую стоимость и становится малорентабельной: сейчас на мировом рынке малоконкурентны дальневосточные олово, медь, вольфрам, цинк и свинец. Поэтому переход к рациональному использованию минерального сырья с глубокой его переработкой в районах добычи является одним из ключевых разделов стратегии устойчивого развития регионов и страны в целом. К примеру, на смену гигантским, обременённым огромными затратами ГОКам и приискам, должны прийти более мелкие и динамичные горно-добывающие (горно-металлургические) структуры, работающие на самом высокотехнологическом уровне.

Разрабатывая проект национальной стратегии устойчивого развития, В.А. Коптюг, В.М. Матросов и их соавторы [3, 12] подчеркивали важность обеспечения страны природными ресурсами и сочли целесообразным выделить из 130 учитываемых ими индикаторных характеристик следующие показатели:

– количество запасов и сокращение ресурсов минерального сырья (индикаторы текущего состояния);

– отношение потребления ресурсов к невозобновляемым запасам (индикаторы корректировки действий);

– рекомендуемые объемы добычи полезных ископаемых (индикаторы социально-экономических механизмов действия).

К сожалению, большинство из этих важнейших методологических наработок в окончательный вариант стратегии развития России в XXI в. [12] не вошли.

Более того, академики Г.С. Голицын, Ю.В. Гуляев и К.В. Фролов [12], разрабатывая методологические и информационные основы оценки текущего состояния регионов и системные подходы к определению возможных стратегий перехода к их устойчивому развитию, выделяют четыре блока такой оценки: социально-экономический, промышленно-технологический, медико-биологический и эколого-геофизический (см. рис. 8). По мнению авторов, справедливо устанавливается, что для каждого из этих блоков существуют процедуры мониторинга и получения объективных оценок их текущего состояния (диагноз), оперативного тактического и стратегического развития (прогноз), что в конечном случае облегчает разработку стратегии перехода к устойчивому развитию. Тем не менее, удивляет, что названные авторы пренебрегли выделением горно-перерабатывающего блока, непосредственно связанного с блоком промышленно-технологическим и опосредовано – с блоком эколого-геофизическим. Кроме того, в работе [12] не показаны методология и подходы для превращения типично сырьевых регионов в регионы с развитой структурой предприятий, перерабатывающих природное сырье в материалы и изделия, т. е. в промышленно развитые районы с комфортным проживанием людей в экологически приемлемых условиях.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка нового подхода к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов, его методологии и технологии на основе научно-экспериментальных работ, выполненных под руководством авторов.

4.4.3. Новый материалогический подход к методологии использования минерально-сырьевых ресурсов

Одна из основных проблем ресурсодобывающих регионов заключается в том, что извлекаемое сырье проходит в них лишь первичную переработку, а для получения из него материалов и изделий отправляется в про-

мышленно развитые районы страны или за рубеж. Ресурсодобывающие регионы получают только незначительную часть экономической прибыли по сравнению с регионами, производящими и экспортирующими материалы и изделия.

Новый подход постулирует изменение стратегии развития сырьевой экономики в ресурсодобывающих регионах. Он определяет не только добычу и первичную обработку сырья, но и получение из него материалов и изделий на основе современных достижений науки и техники. Методологическая концепция основывается на предложенных в разное время парадигмах комплексного и рационального использования минерального сырья (табл. 1), обобщена в работах Ф.Д. Ларичкина [75]. Главная позиция концепции – использование высоких технологий, обеспечивающих получение материалов и изделий на мини-предприятиях непосредственно в районах добычи сырья. Такой подход авторы назвали *материалогическим* [83, 202, 208], включающим комплекс вопросов из области геологии, горного дела, металлургии и экологии на примере решения триединой задачи минералогической материалогии: перманентного обеспечения минеральным сырьём, материалами и изделиями, сохранения окружающей среды. Поставленные задачи могут быть решены с использованием передовых технологий: концентрированных потоков энергии и методов порошковой металлургии. Среди них в настоящее время наиболее перспективны методы и установки плазменной обработки и алюминотермии. Применяя новый, материалогический подход, были выполнены экспериментальные исследования по получению материалов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона. Применялись методы алюминотермии, углетермического восстановления, электрошлакового дугового переплава, спекания в вакуумных печах. В большинстве случаев в качестве минерального сырья использовался шеелитовый концентрат Лермонтовского ГОКа.

Цель материалогического подхода – способствовать развитию ресурсодобывающих регионов, чтобы поставлять на рынок не только сырьё, но и материалы, изделия и новые технологии.

Научной основой материалогического подхода является изучение начального цикла круговорота вещества и материалов во «второй природе», его начального периода (энергосырьевой сектор) – «дуга Ломоносова» (см. рис. 13), включающего циклы Г (геология), Д (добыча сырья), П (подготовка сырья), М (получение материалов). Используя перспективные и современные технологии уже на начальном периоде добычи природного вещества, преобразования его в концентраты, возможно получение материалов. Это позволяет ресурсодобывающим регионам поставлять на рынок не только минеральное сырьё, но и материалы и даже изделия из них. Поскольку материаловедение не рассматривает эти вопросы, авторами предложено развивать новый раздел науки о материалах – *минералогическая материалогия*, который изучает получение материалов при добыче и переработке минерального сырья (на «дуге Ломоносова»). Следует отметить, что в основной работе М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел» этот вопрос был поставлен и решался с использованием комплексного подхода.

Новое, так называемое интеграционное материаловедение, разрабатываемое в ведущих странах для рационального, комплексного и устойчивого развития, исследует «круговорот вещества». Анализ движения вещества и материалов на всём «круговороте вещества и материалов» позволяет осуществлять практические мероприятия по перманентному обеспечению промышленности сырьём и материалами, а также решение экологических проблем (см. рис. 11).

В структуру диагностического подхода (см. рис. 10) предлагается ввести дополнительный пятый горно-перерабатывающий (лучше горно-добывающий и перерабатывающий) блок. Применительно к сырьевым регионам в исследованиях по разделу «Оценка состояния региона» должно быть рассмотрено следующее.

1. Состояние данной горно-добывающей (горно-металлургической) промышленности в России и в мире.
2. Состояние развития науки, техники и технологий в данной области в России, в мире и в регионе.
3. Характеристика инноваций в горно-добывающей и горно-металлургической промышленности в России, регионе.
4. Банки данных по количеству и качеству минерального сырья в регионе.
5. Уровень добычи сырья в мире, России, регионе.
6. Банк данных по геологоразведочным, горно-добывающим и перерабатывающим предприятиям в регионе и сопредельных районах.
7. Долгосрочные потребности в данном сырье, материалах, изделиях; цены на них (банк данных по конъюнктуре сырья).
8. Экологическая обстановка в регионе.
9. Программы, распоряжения, указы, относящиеся к развитию данной отрасли промышленности.

Указанные сведения в целом будут способствовать разработке адекватной стратегии устойчивого развития ресурсодобывающих регионов. Хотя в отдельных случаях могут потребоваться уточнения и дополнения.

4.5. Получение новых материалов на основе минералогической материалогии

4.5.1. Минеральное сырьё Дальневосточного региона

При наличии в сырье оксидов легирующих элементов возникают благоприятные условия для создания легирующих сварочно-наплавочных материалов с последующим получением легированных сплавов и покрытий. При этом не требуется сложной, многоэтапной переработки сырья для выделения компонентов в чистом виде. Тем самым реализуются принцип комплексного использования многокомпонентного минерального сырья с приближением к местам его расположения производства материалов.

Актуальность такой концепции наглядно прослеживается в Дальневосточном экономическом районе, который обладает очень большими запасами минерального сырья, пригодного для производства высокоэффективных наплавочных материалов. Здесь сосредоточено до 30 % полезных ископаемых России. Значительные залежи сырья находятся в Южно-Хинганской и Юго-Восточной части Сибирской платформы, Монголо-Охотской складчатой области, Буреинского массива, Сихотэ-Алиньской складчатой области, Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса, Хингано-Баджальской, Западно-Сихотэ-Алиньской, Верхне-Амгуньской зоны и др. Наиболее крупные месторождения рудных ископаемых приведены в табл. 17.

Таблица 17

Месторождения рудных ископаемых Дальневосточного региона

Наименование месторождения	Место расположения	Основные элементы	Тип руды
Южно-Хинганское	Еврейская автономная область	MnO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, $CaCO_3$	Браунит, гаусманит
Фестивальное, Правоурмийское	Хабаровский край	WO_3, CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO	Вольфрамит, шеелит
Лермонтовское	Приморский край	WO_3, CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO	Шеелит

Продолжение табл. 17

Наименование месторождения	Место расположения	Основные элементы	Тип руды
Охотское, Тугуро-Чумиканское, Николаевское, Верхнебуреинское	Хабаровский край	MoO3, SiO_2,WO_3, CaO, Al_2O_3	Молибденит, кварц-молибденит, молибденит шеелитовый
Алданостановое, Баладекское	Хабаровский край	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, MgO, MnO	Титаномагнетит, апатит, ильменит, титаномагнетит
Ариадненское	Приморский край	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, MgO, MnO	Титаномагнетит
Олёкменское	Амурская область	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, MgO, MnO	Ильменит, титаномагнетит
Камчатское	Камчатская область	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3; MgO, MnO	Титаномагнетит
Искинское	Хабаровский край	Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3	Алунит
Алгаминское	Хабаровский край	ZrO_2, SiO_2, WO_3, CuO	Бадделеит
Кавалеровское	Приморский край	B_2O_3, SiO_2, CaO	Датолит
Ярославское	Приморский край	CaF_2, SiO_2	Флюорит
Корфовское	Хабаровский край	SiO_2, Al_2O_3, K_2O, Na_2O, CaO	Гранодиорит
Каффе	Хабаровский край	$CaCO_3$	Мрамор
Святогорское	Хабаровский край	SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3	Туф
Кореянское	Хабаровский край	SiO_2, Al_2O_3, CaO	Гранит

Окончание табл. 17

Наименование месторождения	Место расположения	Основные элементы	Тип руды
Кульдурское	Еврейская автономная область	MgO, SiO_2, CaO	Брусит
Сельгонское	Хабаровский край	$CaCO_3$, MgO, SiO_2	Известняк
Розовая скала	Еврейская автономная область	$CaCO_3$, $Mg\,CO_3$	Доломит
Куранахское	Амурская область	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, MgO, MnO	Титаномагнетит
Гаринское	Амурская область	–	Магнетит
Большой Сейим	Амурская область	TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3	Титановая руда
Чалганское	Амурская область	–	Каолиносодержащие пески
Чагоянское	Амурская область	–	Известняк
Гарьское	Амурская область	–	Тальк
Архаринское	Амурская область	–	Доломит
Аркадьевское	Амурская область	–	Бетонитовые глины
Антоновское, Белогорьевское	Амурская область	–	Кварцево-полевошпатовые пески

Это далеко неполный перечень рудных комплексов, полиметаллический характер которых дает широчайшую возможность их использования в получении конструкционных, инструментальных, сварочно-наплавочных и других материалов. Несмотря на богатейшие и уникальные запасы минерального сырья, в настоящее время Дальневосточный регион не обладает необходимой базой для его переработки и фактически является поставщиком вольфрамового, оловосодержащего, полиметаллического, борного и других видов сырья для западных регионов России и промышленно развитых стран. Образовать же такую базу в короткие сроки весьма проблематично. Поэтому наиболее рациональным решением следует считать

разработку относительно простых технологий получения конструкционных, инструментальных, сварочно-наплавочных материалов непосредственно из вырабатываемого горно-обогатительными комбинатами сырья. Они должны быть без дополнительной затратной переработки и реализовываться непосредственно на предприятиях потребителей, на небольших специализированных, максимально приближенных к источникам сырья мини-производствах.

Современные электродные покрытия и флюсы являются сложными многокомпонентными системами. Входящие в них материалы выполняют различные функции, причем очень часто одни и те же элементы одновременно решают несколько задач: защиту жидкого металла сварочной ванны от вредного воздействия окружающей среды; стабилизацию технологического процесса; раскисление, легирование наплавленного металла и ряд других. В общем случае они подразделяются на шлакообразующие, газообразующие, легирующие, раскисляющие, пластификаторы, стабилизирующие и связующие.

Наибольший объём в составе флюсов занимают шлакообразующие (руды, концентраты, минералы) – это гематит, магнетит, рутиловый концентрат, слюда, полевой шпат, мрамор и т. д. Из них целый ряд может быть использован одновременно в качестве газообразующих: мрамор, магнезит, доломит, известняк и др. Некоторые геологические материалы (слюда, полевой шпат, мел) можно применять в качестве ионизаторов.

Особый интерес представляет многокомпонентное минеральное сырьё, которое может (наряду с решением отмеченных задач) осуществлять одновременно и легирование наплавленного металла. К такому сырью, например, относятся шеелитовый, бадделеитовый, датолитовый и другие концентраты, в состав которых входят цирконий, вольфрам, бор и другие элементы, используемые для легирования сталей.

Многофункциональность шлаковой системы обусловливает её многокомпонентный состав и многовариантность взаимо-действия как между ее составляющими, так и элементами электродного и основного материала (рис. 76, табл. 18).

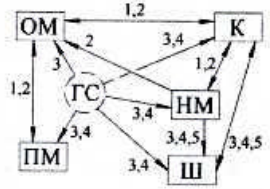


Рис. 76. Схема взаимодействия элементов сварочной ванны: *1* – перенос жидкого металла; *2* – перемешивание; *3* – окисление; *4* – переход элементов; *5* – легирование; ОМ – основной металл; ПМ – присадочный металл; К – капля электродного металла; НМ – наплавленный металл; ГС – газовая среда; Ш – шлаковая ванна

Таблица 18

Компоненты шлаковой системы

Группы	Наименование группы	Наименование компонентов
A	Шлакообразующие	Руды, гранит, гематит, мрамор, магнезит, кремнезем, полевой шпат, плавиковый шпат, кальцифиры, известняк, концентраты
B	Газообразующие	Крахмал, декстрин, древесная мука, оксицеллюлоза, мрамор, магнезит, доломит, брусит, концентраты и др.
C	Стабилизирующие	Поташ, полевой шпат, мел, мрамор, кальцинированная сода, титаномагнетит и др.
D	Раскисляющие	Графит, древесный уголь, ферросплавы, активные металлы и др.
E	Легирующие	Ферросплавы, порошки металлов, минеральные концентраты, металлическая дробь и др.
F	Прочие	Связующие, цементирующие, пластификаторы, способствующие формированию шва и др.

В общем виде систему «технология–сварочная ванна» можно описать как

$$S = \{P, V, Q\},$$

где P – способ (технология); V – сварочная ванна; Q – их взаимосвязи.

В свою очередь совокупность элементов структурных составляющих можно представить: $P = \{Э, M\}$, $V = \{K, U, R, L\}$, где $Э$, M – электрические и механические параметры способа; K – капля электродного материала; U – расплавленная металлическая ванна; R – шлаковая ванна; L – газовая среда.

Ведущая роль в системе отводится жидкому шлаку и расплавленным основному и электродному металлам с определенным набором химических элементов ($a_1, a_2, ...a_n$), активность которых зависит от температуры и времени протекания реакций (T, τ).

При всех способах электрической сварки, наплавки и переплава плавящимся электродом (кроме сварки в среде защитных газов) образуется шлаковая ванна, которая защищает жидкий металл от внешней среды. Она поддерживает на необходимом уровне технологические характеристики сварочного процесса, во многом предопределяет внешние параметры наплавленного валика, формирует состав, структуру и свойства наплавленной поверхности, позволяет легировать электродный материал, что является одним из определяющих факторов при получении новых сплавов и покрытий.

В аспекте создания новых перспективных материалов представляет значительный научный и практический интерес разработка сварочно-наплавочных материалов на основе местного МС, потребность которых остро ощущается в регионе в связи с широким использованием в промышленности, строительстве, судостроении, на транспорте, а также при создании, эксплуатации и ремонте технических устройств. Дальневосточный регион обладает большими запасами минерального сырья, содержащего тугоплавкие материалы Ti, Zr, W, а также бор и другие ценные элементы, что даёт возможность получения легированных сварочно-наплавочных материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства изготовляемых изделий.

Новый подход к проблеме получения материалов и изделий в ресурсодобывающих регионах является сложной и важной проблемой, связанной с их устойчивым развитием, научной базой которой является минералогическая материалогия, ранее разработанная авторами [80, 82, 201].

Следовательно, целью минералогической материалогии является создание новых материалов с использованием минерального сырья в ресурсодобывающих регионах, например, в Дальневосточном регионе, на основе разработанной для этого методологии раздела новой науки о материалах, а также последних достижений минералогического материаловедения.

4.5.2. Методология, материалы и методы исследования

Применительно к рассмотренной выше стратегии промышленно-технологического подхода, кроме традиционно устойчивых направлений машиностроения (авиация, судостроение и др.), необходимо развивать производство оборудования, обеспечивающего получение материалов и изделий из минерального сырья непосредственно в районах его добычи.

Возможности успешного получения материалов и изделий из минерального сырья (шеелитовый концентрат) в районах его добычи, как это показали результаты комплексных лабораторно-производственных работ, должны базироваться на основных положениях минералогической мате-

риалогии [80, 82, 170, 201]. Получение материалов и изделий с применением минерального сырья Дальневосточного региона уже осуществлялось в Институте материаловедения ДВО РАН, ТОГУ, ДВГУПС [235–238]. Были получены электродные материалы для электроискрового легирования, для электроэрозионной обработки, а также флюсы и электродные материалы для сварки, абразивные, порошковые, керамические, конструкционные материалы, материалы для лазерной наплавки и легирования.

На основании разработанной методологии минералогического материаловедения была предложена гипотеза использования ряда концентратов для получения легированной шихты – шеелитового, бадделеитового, датолитового и других концентратов Дальневосточного региона. Основная гипотеза состояла в том, что при наличии предложенных концентратов в составе шихты и воздействии дуговых разрядов на неё, должно наблюдаться их разложение, а также легирование наплавляемого или свариваемого материала элементами Ti, Zr, W, B или их соединениями с образованием карбидов, боридов. В соответствии с разработанной схемой методологии получения сварочных материалов с использованием минерального сырья, для выбора легирующих концентратов использовались методы копирования, методы подбора (см. рис. 68, 69). На этом этапе ЦКВМ определены границы применения минералогического материаловедения, материаловедения, технологии материалов, а также пути получения материалов и изделий на стадии добычи и переработки минерального сырья (рис. 77).

Второй гипотезой служило предположение, что для выбора состава, структуры, свойств шихты, технологии её использования, а также разработки теории восстановления многокомпонентных оксидных систем при действии на них концентрированных потоков энергии необходимо предварительное исследование изменения состава, структуры и свойств концентратов до и после воздействия дуговых разрядов.

Была разработана методологическая схема получения сварочных материалов с использованием минерального сырья (рис. 78). В соответствии с методологической схемой для определения состава шлаковой системы необходимо было провести предварительное исследование по изучению изменения состава, структуры и свойств минерального сырья до и после воздействия дугового разряда, а также после углетермического восстановления (сравнительный метод). После этих исследований определялся состав шлаковой системы и режимы обработки (рис. 78).

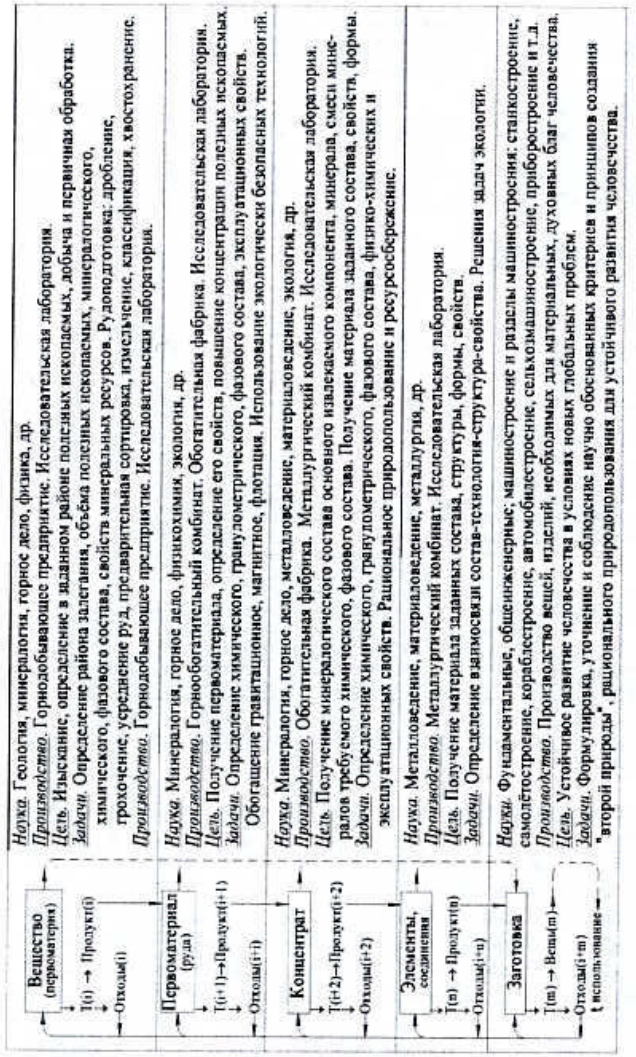


Рис. 77. Общая схема начала круговорота вещества и материалов во «второй природе»

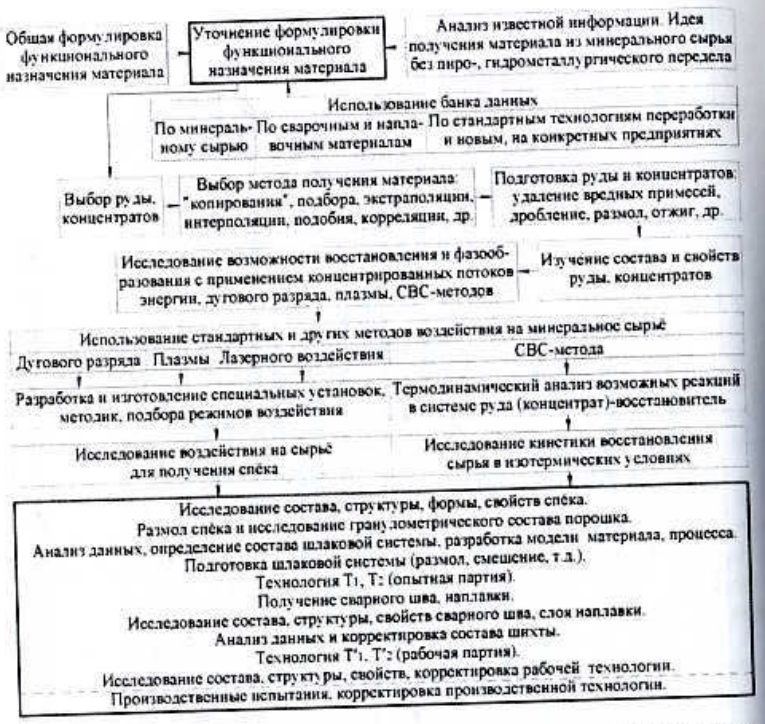


Рис. 78. Схема методологии получения сварочных материалов с использованием минерального сырья

Для исследования действия дугового разряда на минеральное сырьё в соответствии с методологией предусматривалось использование (изготовление) специальной исследовательской установки. После получения спёков на установке осуществлялось изучение структуры, фазового, химического состава материала после размола спёка. В дальнейшем после определения состава шлаковой системы и использования для наплавки, осуществлялось исследование спёков с определением фазового, химического составов с последующим уточнением состава шлаковой системы.

Основная гипотеза данной работы заключалась в предположении, что при действии концентрированных потоков энергии, в том числе дугового

разряда на минеральное сырьё (с восстановителем или без него), оно может быть полностью или частично восстановлено с образованием металлов или изделий (промышленных продуктов).

Важнейшим элементом методологии и условием проведения эксперимента являлось создание экспериментальной установки (рис. 79), обеспечивающей при дуговом процессе минимальный износ электродов, которые были изготовлены из W и C (графита).

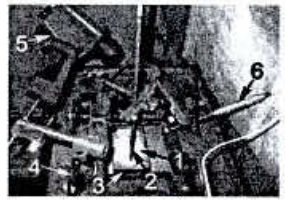


Рис. 79. Установка для исследования влияния дуговых разрядов на минеральное сырьё: *1* – переплавляемый материал; *2* – вольфрамовый электрод; *3* – кристаллизатор; *4* – каретка; *5* – пирометр; *6* – газоанализатор

После одного прохода электрода над жёлобом, в котором находился концентрат, с использованием принятых режимов обработки образовался спёк. Спёк размалывался до образования частиц размером 100–200 мкм, после чего частицы подвергались исследованиям структуры, химического и фазового составов.

Методика проведения эксперимента подразделялась на два этапа:

– первый этап – это воздействие дуговых разрядов преимущественно на «чистые» концентраты током $J = 50 \div 220$ А, напряжением $U = 30 \div 60$ В, время действия $t = 3{,}0 \div 5{,}45$ мин (табл. 19);

– второй этап – воздействие дуговых разрядов на механическую смесь шеелитового, бадделитового концентратов с графитом при режимах: $J = 140 \div 150$ А, $U = 25 \div 28$ В, $t = 4{,}16 \div 4{,}25$ мин (табл. 20), электрод – *W*.

Таблица 19

Режимы эксперимента с использованием концентратов

№ эксперимента	Шеелит, мас. %	Графит, мас. %	Бадделеит, мас. %	Ток, А	Напряжение, В	$t_{ср}$, °С	T_{max}, °С	Время, мин
Образцы переплавлены графитовыми электродами								
2.1	100	–	–	50	60	1841	1876	5,45
2.2	100	–	–	50	60	1815	1932	4,07
2.3	100	–	–	50	60	1830	1872	3,18
2.4	–	–	100	62	40	2642	2876	5,00
2.5	–	–	100	62	40	2613	2802	4,05
2.6	–	–	100	66	30	2614	2810	3,02

Окончание табл. 19

№ эксперимента	Шеелит, мас. %	Графит, мас. %	Бадделеит, мас. %	Ток, А	Напряжение, В	$t_{ср}$, °С	T_{max}, °С	Время, мин
Образцы переплавлены вольфрамовыми электродами								
3.1	100	–	–	150	28	1770	1866	4,02
3.2	–	–	100	140	25	2633	2781	4,00
4.1	–	10	90	160	55	2810	2902	4,00
4.2	90	10	–	220	45	1943	2011	4,00

Таблица 20

Режимы проведения эксперимента с использованием концентратов с добавками графита (электрод W)

№ эксперимента	Шеелит, мас.%	Графит, мас.%	Бадделеит, мас.%	Ток, А	Напряжение, В	$t_{ср}$, °С	T_{max}, °С	Время, мин
1.1	55	5	–	150	28	1820	1880	4,25
1.2	50	10	–	150	28	1852	1911	4,17
1.3	85	15	–	150	28	1823	1892	4,22
1.4	88	20	–	150	28	1844	1899	4,25
2.1	–	5	95	140	25	2422	2636	4,13
2.2	–	10	90	140	25	2460	2594	4,15
2.3	–	15	85	140	25	2431	2608	4,18
2.4	–	20	80	140	25	2457	2681	4,16

В качестве минерального сырья использовался шеелит Лермонтовского ГОКа, который содержал 41,4 % W в виде $CaWO_4$, бадделеит содержал 41,4 % Zr в виде ZrO_2, $ZrSiO_4$, а также SiO_2.

Химический состав определялся на приборах «Спектроскан-U» и «Спектроскан МАКС-GV». Количественный химический состав металла определяли методом рентгенофлюоресцентного анализа. Рентгеноструктурный анализ осуществляли на установке ДРОН-7. Кроме того, использовали дифрактометр «D8 ADVANSE», микроанализатор WDS/EDSJXA-8100, сканирующий электронный микроскоп EVO-5OXVP.

4.5.3. Исследование изменения структуры, фазового и химического состава концентратов после воздействия дуговых разрядов

Металлографические исследования макро- и микроструктуры спёков концентратов после их размола показали, что они представляют тёмные и светлые участки (рис. 80, *а*). У бадделеитового концентрата наблюдалось тёмное поле, в котором отмечались светлые участки размером 1–80 мкм

(рис. 80, *а*-1). Рентгеноструктурным и микрорентгеноспектральным анализом установлено, что эти частицы состоят преимущественно из циркония и кислорода (рис. 80, *б*-1). У этого концентрата наблюдались конгломераты светлых частичек, между которыми располагались тёмные прослойки (рис. 80, *а*-2), состоящие преимущественно из O, Si, Ca, Zr (рис. 80, *б*-2) и других элементов, соответствующих содержанию концентрата. Можно предположить, что светлые частички образовались в процессе восстановления концентрата, который происходит неодинаково в разных участках частиц (спёка).

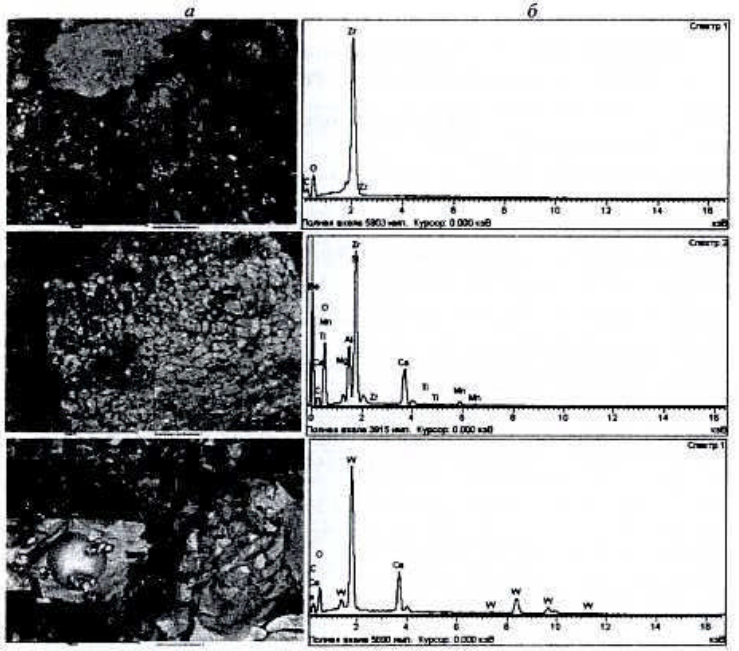


Рис. 80. Общие виды участков спёка бадделеитового (*а*-1, *а*-2); шеелитового (*а*-3) концентратов и химический состав их спектров (*б*-1, *б*-2) и соответственно (*б*-3)

Аналогичные предположения можно сделать и при исследовании шеелитового концентрата. На рис. 80, *а*-3 представлены общие виды участков частиц после размола спёка, полученного из шеелитового концентрата, а также точный химический состав белых участков, которые состоят пре-

имущественно из W. Тёмные участки состоят преимущественно из W, Ca, O (рис. 80, *б*-3).

Таким образом, можно предположить, что в процессе воздействия дугового разряда в отдельных участках спёка происходит процесс восстановления концентрата. Затем определялся химический и фазовый состав спёка.

В табл. 21 представлены результаты исследований изменения химического и фазового состава шеелитового и бадделеитового концентратов с использованием рабочих электродов из C и W и режимов обработки, приведённых в табл. 20.

Таблица 21

Фазовый, химический состав шеелитового и бадделеитового концентратов до и после воздействия дуговых разрядов

№ образца	Сочетание электродов	Химический состав, %				Фазовый состав
		Si	Zr	W	Ca	
21	Ш/Г	0,358	0,000	45,150	11,660	$CaWO_4$, W
22	Ш/Г	0,372	0,012	44,630	11,360	$CaWO_4$
23	Ш/Г	0,511	0,664	46,370	11,930	$CaWO_4$
31	Ш/W	0,473	0,031	47,940	10,640	$CaWO_4$, W, Ca_3WO_6C
42	Ш+10%Г/W	0,352	0,118	37,210	10,020	C, W, $CaWO_4$
24	Б/Г	7,888	33,210	1,587	0,598	ZrO_2, ZrO_2 (тетр.)
25	Б/Г	8,200	28,100	2,034	0,543	ZrO_2, SiO_2
26	Б/Г	8,113	33,300	2,020	0,617	ZrO_2, $ZrSiO_4$
32	Б/W	9,040	28,390	9,655	0,814	ZrO_2(M), ZrO_2(куб)
41	Б+10%Г/W	4,409	29,420	0,051	0,435	ZrO_2(M), ZrO_2(тетр.), C
51	Б	17,00	41,400	1,070	0,920	ZrO_2, SiO_2, $ZrSiO_4$
52	Ш	1,930	0,003	41,940	17,200	$CaWO_4$
X – остальные элементы Mg, Al, P, Mn, Fe, Ni, Cu, Se, Y, Nb, Hf, как правило, < 1 %						

Примечания:

Ш/Г; Б/Г – шеелитовый, бадделеитовый концентраты переплавлены графитовым Г электродом.

Ш/W; Б/W – шеелитовый, бадделеитовый концентраты переплавлены вольфрамовым W электродом.

Ш+10%Г/W; Б+10%Г/W – шеелитовый, бадделеитовый концентраты с 10%-ной добавкой графита Г переплавлены вольфрамовым электродом.

В табл. 22 представлены также результаты фазового и химического анализа после воздействия дугового разряда с режимами, приведёнными в табл. 20, на концентраты с добавками 5...20 мас. % C.

Таблица 22

Фазовый, химический состав шеелитового и бадделеитового концентратов с добавками графита после воздействия дуговых разрядов (электрод W)

№ образца	Электрод	Химический состав, %	Фазовый состав
1.1	Ш + 5 мас. % C	W-22,6; Ca-6,71; Fe-0,7	$CaWO_4$; W
1.2	Ш + 10 мас. % C	W-16,3; Ca-7,1; Fe-0,7	$CaWO_4$; $CaWO_6$; W
1.3	Ш + 15 мас. % C	W-6,6; Ca-8,3; Fe-0,7	$CaWO_4$; $CaWO_6$; W
1.4	Ш + 20 мас. % C	W-10,0; Ca-8,1; Fe-0,3	$CaWO_4$; W_2C; W; WC
2.1	Ц + 5 мас. % C	Zr-28,4; Si-13,1; Al-2,8; W-2,2	ZrO_2; SiO_2; $CaWO_4$; $ZrSiO_4$
2.2	Ц +10 мас. % C	Zr-33,3; Si-16,3; Al-2,9; W-2,0	ZrO_2; SiO_2; $CaWO_4$; $ZrSiO_4$
2.3	Ц +15 мас. % C	Zr-35,2; Si-19,7; Al-0,9; W-2,0	ZrO_2; SiO_2; $ZrSiO_4$
2.4	Ц + 20 мас. % C	Zr 19,7; Si-9,8; Al-0,9; W-1,8	ZrO_2; ZrO; SiO_2
2.5	Ш	W-47,4; Ca-17,2; Si-1,93; Fe-2,89	$CaWO_4$, ZrO_2; SiO_2; $ZrSiO_4$
2.6	Ц (Б)	Zr-33,27; Si-14,56; Al-1,27	ZrO_2, $CaWO_4$

Как видно из табл. 21, 22 после воздействия дуговых разрядов фазовый, химический состав минерального сырья изменяется в большинстве случаев с образованием новых фаз.

При обработке шеелитового концентрата (табл. 21) графитовым электродом содержание W увеличивается до 44,63–46,37 %, в составе полученного спёка наблюдается значительное содержание углерода – 12–14 %. Количество кремния значительно уменьшается, предположительно за счёт

испарения SiO_2, количество Ca уменьшается до 11,36 % за счёт частичного разложения $CaWO_4$ и его испарения после образования CaO.

Обращает внимание факт неизменности фазового состава шеелитового концентрата до и после обработки для образцов 2.2 и 2.3, тогда как в аналогичных условиях при повышенном времени воздействия дугового разряда до t = 5,45 мин фазовый состав изменяется – появляется W: на процесс восстановления влияет время воздействия дугового разряда. При использовании вольфрамового электрода его содержание в спёке увеличивается до 48 % за счёт переноса W в спёк.

При обработке Б (бадделеита) графитовым электродом (образцы 2.4–2.6) наблюдается изменение как фазового, так и химического составов. Также уменьшается содержание Si, при этом содержание углерода в спёке даже несколько выше, чем при обработке шеелитового концентрата: 12,2–19,1 вес.%. Однако содержание Zr уменьшается до 28,1 %. Этот факт требует более детального изучения и, в частности, состава продуктов испарения. В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что при разложении концентратов Zr под действием дугового разряда происходит испарение летучих окислов и прежде всего разложение $ZrSiO_4$ в присутствии углерода. Анализ фазового состава показал, что в большинстве случаев отсутствуют на рентгенограммах линии SiO_2, присутствуют отдельные линии $ZrSiO_4$ (образец 2.5). Для образца 2.6 фазовый состав состоит только из ZrO_2. Такой же фазовый состав наблюдается и при обработке электродом.

При обработке концентрата с добавками 10 % Г вольфрамовым электродом состав спёка состоит из ZrO_2 и C. Таким образом, при использовании графита процесс восстановления концентрата закономерно улучшается.

Данные по обработке Ш- и Б-концентратов с содержанием углеродного восстановителя от 5 до 20 мас.% приведены в табл. 22. Видно, что при обработке шеелита в спёке всегда наблюдается W и карбид вольфрама W_2C. Однако содержание W в спёке меньше, чем в концентрате и снижается до 7–10 %. Можно предположить, что в результате разложения концентрата, особенно при использовании тока J = 100 A, происходит удаление летучих оксидов W (WO_3). В связи с этим содержание W в спёке резко уменьшается особенно при повышении содержания углерода в шихте.

При обработке Б-концентрата содержание Zr в спёке также уменьшается, особенно при содержании в шихте 20 % C (образец 2.4). При этом наблюдается полное разложение $ZrSiO_4$ на ZrO_2 и SiO_2. В спёке наблюдается появление W за счёт переноса его из электрода в процессе дуговых разрядов и образование $CaWO_4$.

Выводы

1. Предложен новый подход к решению проблемы устойчивого развития ресурсодобывающих регионов – материалогический подход.

2. Сущность нового подхода – возможность получения материалов и изделий из минерального сырья в районах его добычи с использованием высоких технологий.

3. Научной базой нового подхода является минералогическая материалогия, которая в свою очередь основывается на изучении круговорота вещества во «второй природе».

4. Проведенные экспериментальные исследования показали перспективность нового подхода к разработке стратегии устойчивого развития ресурсодобывающих регионов.

5. Разработана методика получения сварочно-наплавочных материалов на основе минерального сырья с использованием дедуктивного метода, верхним уровнем которого являлась методология материалогии.

6. Процесс восстановления под действием электродугового разряда представляет собой стохастический процесс выделения продуктов восстановления из общей массы концентрата. Процесс восстановления ускоряется и происходит с большей полнотой при использовании большей мощности дугового разряда, времени воздействия на концентрат и восстановителя.

7. Показано, что при небольших токах 50–66 А и небольшом времени воздействия не наблюдается процесс разложения концентрата (не наблюдается изменение фазового состава).

8. При повышении времени воздействия t > 4 мин и J > 50 А наблюдается уменьшение содержания Zr и W в спёке за счёт испарений их оксидов.

9. При значительном содержании восстановителя до 20% наблюдается появление карбидов вольфрама WC, W_2C.

10. Полученные первичные данные по фазовому и химическому составам спёка использовались при выборе режимов обработки и состава шихты с бадделеитовым и шеелитовым концентратами для наплавки и сварки сталей. Получены положительные результаты. Использование даже этих начальных данных по составу шеелитового и бадделеитового концентратов после воздействия дугового разряда позволило назначать режимы обработки и состав шихты для использования реальных процессов наплавки и сварки.

11. Выполненные исследования использовались при создании и работе Научно-исследовательского центра по производству сварочных материалов при ДВГУПС (г. Хабаровск).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На рубеже XX и XXI вв., как показано в предлагаемой монографии, человечество вступило в новую эпоху своего существования, характеризующуюся небывалыми достижениями научно-технического прогресса. Ранее эпоха развития человечества основывалась не примате научно-технического прогресса, необходимого для повышения качества жизни человека и общества.

Однако в настоящее время (с конца XX в.) стало ясно, что существующее направление развития человечества (парадигма), базирующееся на научно-техническом прогрессе, привело к необходимости решения проблемы выживания человечества из-за появления глобальных проблем, а отсутствие этого решения ведёт человечество к гибели.

В этой связи ряд международных организаций призвал международное сообщество к решению проблемы устойчивого развития человеческого общества. В настоящей работе предлагается при устойчивом развитии основываться не на научно-техническом прогрессе, а на общечеловеческом прогрессе. То есть таком направлении его развития, когда наблюдается одновременно прогресс социальный, экологический, культурный, духовный, этнический и т. д., характеризующий качество деятельности человеческой цивилизации в природе. Кроме того, разумное направление развития человечества должно отражать прогресс производства духовных и материальных благ не для элиты, а для всего населения.

Изменение условий развития общества в настоящее время требует изменения вектора развития науки в целом, в том числе науки о материалах. Показано формирование новой науки о материалах – материалогии, и в рамках её разделов (энтропийно-экологической материалогии) – минералогической материалогии. Её задачей является комплексное и рациональное использование минерального сырья в ресурсодобывающих регионах и получения материалов из отходов. Этот раздел материалогии является основой для устойчивого развития ресурсодобывающих регионов, в том числе Дальневосточного и предполагает получение материалов в регионе добычи с использованием высоких технологий. Данный аспект развития ресурсодобывающих регионов, описанный в монографии, основывается на разделе энтропийно-экологической материалогии.

Научной базой минералогической материалогии является изучение круговорота вещества и материалов и его составляющих циклов во «второй природе», что несомненно приведёт к обоснованной стратегии получения материалов (и изделий) в регионе добычи минерального сырья с наименьшими затратами и экологической безопасностью.

Без материалов немыслимо создание любых средств деятельности железнодорожного транспорта. Используемые при конструировании новые материалы оказывают первоочередное влияние на современное развитие сети железнодорожных путей сообщения. Перспективы устойчивого развития просторов ресурсодобывающих регионов России, в том числе Дальневосточного региона, неотрывно связаны с добычей и производством в них материалов и изделий из местного минерального сырья.

Так как это развитие в настоящее время становится значительно зависимым от влияния резко обозначенных глобальных проблем человечества и связанного с ними нового вектора развития науки, в том числе науки о материалах, появилось новое направление науки о материалах. В России становление и развитие новой науки о материалах получило название материалогии, за рубежом – интегрального материаловедения. Появился также важный раздел материалогии – «Минералогическая материалогия», направленный на решение проблем устойчивого развития человечества и особенно актуальный для ресурсодобывающих регионов.

Одним из важнейших учебных элементов материалогии, минералогической материалогии является учение о циклическом круговороте вещества и материалов во «второй природе». Начальный этап круговорота впервые комплексно и системно рассмотрел первый русский академик М.В. Ломоносов, последовательно связав геологические, горные, металлургические, экологические вопросы получения материалов. В настоящее время материаловеды ведущих стран мира начальному этапу круговорота вещества и материалов («дуга Ломоносова») уделяют большое внимание. На основании изучения «дуги Ломоносова» возможно резкое уменьшение трудозатрат при получении материалов и решение большинства экологических проблем. Кроме того, уже на этом этапе возможно получение не только материалов, но и изделий, что может превратить ресурсодобывающие районы из поставщиков минерального сырья в поставщиков материалов и изделий и, в конечном счете, к решению проблемы их развития в современных условиях.

В части 1 монографии рассмотрены теоретические вопросы получения материалов в Дальневосточном регионе в условиях устойчивого развития, и приведены примеры получения новых материалов на основе минералогической материалогии, а в части 2 будут рассмотрены технологические процессы, оборудование и результаты исследований получения таких материалов.

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГОК – горно-обогатительный комбинат
ИМ – новая парадигма (2000 г.), предложенная авторами данной работы
ИМР – индекс минеральных резервов
ИРЧП – индекс развития человеческого потенциала
КМВ – конфигурационная модель вещества
ММ – минералогическая материалогия
МС – минеральное сырье
МСт – методологическая структура
МФ – методологическая формула
ПСМ – принцип создания материалов
СД – средства деятельности
СМ – схема методологии
ФТТ – физика твердого тела
ХТТ – химия твердого тела
ЦКВМ – циклический круговорот вещества и материалов
ЭИЛ – электроискровое легирование
ЭЭМ – энтропийно-экологическая материалогия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атомистическое моделирование материалов [Текст] / В. В. Покропивный [и др.] – Киев : ИПМ им. И. Н. Францевича НАН Украины, 2008. – 464 с.

2. Вишняков, Я. Д. Материаловедение и теория технологии материалов в контексте о рисках безопасности [Текст]. В 3 ч. Ч. 1. Материаловедение / Я. Д. Вишняков. – М. : Наука, 1998. – 165 с.

3. Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России [Текст] / В. А. Коптюг [и др.] – Владивосток : Дальнаука, 1997. – 84 с.

4. Верхотуров, А. Д. Международная конференция «Неделя материалов» [Текст] / А. Д. Верхотуров, И. В. Сокол // Вестник ДВО РАН. – 1995. – № 1. – С. 110–111.

5. Hornbogen, E. Materials Week. International Conference of Minerals, Metals and Materials Society. Oktober. 2–6. 1994. Rosemont (Chicago). Illinois USA, 1994. – P. 1183.

6. Hornbogen, E. Werkstoffe / E. Hornbogen. – Springer-verlag Berlin Heidelberg, Printeg Germany, 2006. – 460 p.

7. Fragen und Antworten zu Werkstoffe / E. Werner, E. Hornbogen, N. Jost, G. Eggeler. – Springer Heidelberg Dordreeht London – New York, 2010. – 425 p.

8. Hornbogen, E. Werkstoffe / E. Hornbogen, G. Eggeler, E. Werner. – Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 486 p.

9. Карпенков, С. Х. Современные концепции естествознания [Текст] : учеб. для вузов / С. Х. Карпенков. – М. : Академический проект, 2000. – 639 с.

10. Gabor, Doka. Ressourcenverbranch und Ressourcenschonung beim Automobil / Doka Gabor // Kurzfass und eines Vortrages am PUSCH Hastnstrick Seminar am 14 November. – Zurich, 2003. – P. 3–10.

11. Prof. Dr. Carsten Becker, Dr. Tim Grebe, Dr. Matthias Kirbach (GIB Gesellschaft fur Innovationstorschung und Beratung mbH Berlin Dr. Bertram Zwisele Ing. Alexander Baath, Ing. Antie Meister, Cand. Ing. Sven Krankel (ARGUS). Die Wirtschaftiliche Bedeutung der Recycling – und Entsorgungsbranche in Deutscland Stand, Hemmnisse, Herausforderungen. Berlin, 2009. – 313 p.

12. Новая парадигма развития России в XXI веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития: идеи и результаты [Текст] / под ред. В. А. Коптюг, В. М. Матросова, В. К. Левашова. – 2-е изд. – М. : Academia, 2000. – 416 с.

13. Минакир, П. А. Региональная экономическая динамика. Дальний Восток [Текст] / П. А. Минакир, О. М. Прокопало. – Хабаровск : ДВО РАН ИЭИ, 2010. – 304 с.

14. Богомолов, А. С. Античная философия [Текст] : учеб. для вузов / А. С. Богомолов. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 368 с.

15. Словарь античности [Текст] : пер. с нем. / Д. А. Новиков. – М. : Прогресс, 1989. – 704 с.

16. Краткий очерк истории философии [Текст] : под ред. М. Т. Иовчук [и др.]. – М. : Мысль, 1971. – 790 с.

17. Дао, Де-Цзин. Книга благодати [Текст] / Дао Де-Цзин. – М. : Наука, 1956. – 735 с.

18. Сенека, Л. А. Нравственные письма Луцию [Текст] / Л. А. Сенека ; отв. ред. и сост. М. Гаспаров. – М. : Художественная литература, 1986. – 543 с.

19. Спиркин, А. Г. Философия [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Спиркин. – М. : Гардарика, 2007. – 368 с.

20. Маркс, К. Сочинения [Текст]. В 12 т. Т. 10 / Карл Маркс, Фридрих Энгельс. – 2-е изд. – М. : Изд-во полит. литер., 1958. – 806 с.

21. Алфёров, Ж. И. Навстречу золотому веку [Текст] / Ж. И. Алфёров // Поиск. – 2009. – № 4. – С. 12–13.

22. Гусейнов, А. А. Гуманизм как жизненная стратегия. К 80-летию со дня рождения академика И. Т. Фролова [Текст] / А. А. Гусейнов, В. А. Лекторский // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79. – № 8. – С. 715–724.

23. Философия [Текст] : учеб для вузов ; под общ. ред. В. П. Кохановского. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 574 с.

24. Капица, С. П. Главная проблема человечества [Текст] / С. П. Капица // Вестник РАН. – 1998. – Т. 68. – № 3. – С. 234–241.

25. Рокитянский, Я. Г. Учёный в объективе телекамеры: Беседа с профессором С. П. Капицей [Текст] / Я. Г. Рокитянский // Вестник РАН. – 1998. – Т. 68. – № 4. – С. 328–332.

26. Солженицин, А. А. Наука на рубеже нового тысячелетия [Текст] : тез. докл. на заседании «круглого стола» в Президиуме РАН / А. А. Солженицин // Вестник РАН. – 1998. – Т. 68. – С. 106–107.

27. Вишневский, А. Г. Мировой демографический взрыв и антропогенное давление на климат [Текст] / А. Г. Вишневский ; под ред. Н. Ф. Измерова // Изменение климата и здоровья населения России. – М. : Адмантъ, 2004. – С. 34–43.

28. Данилов-Данильян, В. И. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты [Текст] / В. И. Данилов-Данильян, К. С. Лосев // Федеральный вестник экологического права. – 2008. – № 7. – 64 с.

29. Гринин, Л. Е. Производственные революции и периодизация истории [Текст] / Л. Е. Гринин // Вестник РАН. – 2007. – Т. 77. – № 4. – С. 309–322.

30. Клюев, Н. Н. Россия на мировой карте социального благополучия [Текст] / Н. Н. Клюев // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79. – № 7. – С. 637–642.

31. Дьяконов, И. М. Пути истории. От древнейшего человека до наших дней [Текст] / И. М. Дьяконов. – М. : Восточная литература, 1994. – 406 с.

32. Кохановский, В. П. Философия науки [Текст] / В. П. Кохановский, В. И. Пржиленский, Е. А. Сергодеева. – М. : МарТ, 2006. – 496 с.

33. Бэкон, Ф. Новый органон. Сочинение [Текст]. В 2 т. Т. 2 / Ф. Бэкон. – М. : Мысль, 1978. – 575 с.

34. Розин, В. М. Наука: происхождение, развитие, типология, новая концептуализация [Текст] / В. М. Розин. – Воронеж : Изд-во НПО «МОДЭК», 2008. – 600 с.

35. Радугин, А. А. Философия [Текст] : учеб. пособие / А. А. Радугин. – М. : Центр, 1999. – 272 с.

36. Ушаков, Е. В. Введение в философию и методологию науки [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Ушаков. – М. : КНОРУС, 2008. – 592 с.

37. Новый иллюстрированный энциклопедический словарь [Текст] / под. ред. В. И. Бородулина [и др.]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2000. – 912 с.

38. Горшков, В. Г. В повестке дня – стратегия выживания человечества [Текст] / В. Г. Горшков, А. М. Макарьева, К. С. Лосев // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76. – № 4. – С. 309–314.

39. Современные глобальные изменения природной среды [Текст] / под. ред. Н. С. Касимова, Р. К. Клиге. – М. : Научный мир, 2006. – 232 с.

40. Керженцев, А. С. Функциональная экология [Текст] / А. С. Керженцев. – М. : Наука, 2006. – 259 с.

41. Вернадский, В. И. Философские мысли натуралиста [Текст] / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1968. – 328 с.

42. Политика охраны окружающей среды: между экологией и экономикой [Текст] / Б. Байер [и др.] // История человечества. – М. : Изд-во ООО «Астрель», 2002. – 612 с.

43. Тарханов, П. С. Эмоции ума. Книга всемирных рекордов интеллекта [Текст] / П. С. Тарханов. – Т. 1. – Симферополь : Реноме, 1997. – 464 с.

44. Голубинцев, В. О. Философия науки [Текст] / В. О. Голубинцев, А. А. Данцев, В. С. Любченко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. – 541 с.

45. Бернал, Дж. Наука в истории общества [Текст] / Дж. Бернал. – М. : Наука, 1956. – 735 с.
46. Большой энциклопедический словарь [Текст]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2000. – 1456 с.
47. Естествознание: Энциклопедический словарь [Текст] / В. Д. Шолле. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – 543 с.
48. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка [Текст] / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – М. : Азбуковик, 1999. – 944 с.
49. Горбачёв, В. В. Концепции современного естествознания [Текст] / В. В. Горбачёв. – М. : Мир и образование, 2005. – 672 с.
50. Игнатова, В. И. Естествознание [Текст] : учеб. для вузов / В. И. Игнатова. – М. : Академкнига, 2002. – 254 с.
51. Основы научных исследований [Текст] / В. И. Крутов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1989. – 400 с.
52. Дубнищева, Т. Я. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. для вузов / Т. Я. Дубнищева. – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 608 с.
53. Канке, В. А. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Канке. – М. : ЛОГОС, 2006. – 368 с.
54. Гусейханов, М. К. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. для вузов / М. К. Гусейханов, О. Р. Раджабов. – М. : Дашков и К°, 2005. – 692 с.
55. Хорошавина, С. Г. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. для вузов / С. Г. Хорошавина. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 480 с.
56. Савченко, В. Н. Начала современного естествознания. Концепции и принципы [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Савченко, В. П. Смагин. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 608 с.
57. Лейбниц, Г. Ф. Сочинения [Текст] / Г. Ф. Лейбниц. – Т. 3. – М. : Мысль, 1982. – 480 с.
58. Войтов, А. Г. История и философия науки [Текст] / А. Г. Войтов. – М. : Дашков и К°, 2007. – 692 с.
59. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Лавриненко [и др.] – М. : Культура и спорт ЮНТИ, 1997. – 271 с.
60. Скворчевский, К. А. Философия науки [Текст] : учеб. пособие / К. А. Скворчевский ; под ред. А. И. Липкина. – М. : ЭКСМО, 2007. – 608 с.
61. Лихин, А. Ф. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. пособие / А. Ф. Лихин. – М. : Проспект, 2006. – 264 с.

62. Григорьева, Т. П. Дао и логос (встреча культур) [Текст] / Т. П. Григорьева. – М. : Наука, 1992. – 424 с.
63. Шестой японский прогноз развития науки, техники и технологии до 2025 года [Текст] / под ред. В. Я. Белобрагина, Л. Г. Дубовицкого. – М. : Изд-во АСТМС Госстандарта России, 2001. – 612 с.
64. Моисеев, Н. Н. Экология, нравственность и политика [Текст] / Н. Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1989. – № 5. – С. 5–15.
65. Третьяков, Ю. Д. Уроки зарубежного нанобума [Текст] / Ю. Д. Третьяков, Е. А. Гудилин // Вестник РАН. – Т. 79. – № 1. – 2009. – С. 3–17.
66. Кун, Т. Структура научных революций / Т. Кун. – М. : Прогресс, 1977. – 300 с.
67. Маркс, Карл. Сочинения [Текст] / К. Маркс, Ф. Энгельс // Собр. соч. Т. 42. – 2-е изд. – М. : Изд-во политической литературы, 1974. – 536 с.
68. Поликарпов, В. С. История науки и техники [Текст] / В. С. Поликарпов. – Ростов н/Д : Феникс, 1998. – 352 с.
69. Гвишиани, Д. М. Римский клуб. История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы [Текст] / Д. М. Гвишиани. – М. : УРСС, 1997. – 384 с.
70. Путин, В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития Российской экономики / В. В. Путин // Записки горного института. – 1999. – Т. 144 (1). – С. 3–9.
71. Лившиц, Р. Л. Альтернатива паранауке [Текст] / Р. Л. Лившиц, Ю. М. Сердюков // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76. – № 11. – С. 1051–1055.
72. Медведев, Д. А. Россия, вперёд! [Текст] / Д. А. Медведев // Российская газ. – 2009. – 11 сентября.
73. Фокин, Н. И. Модернизация России: есть ли шанс? [Текст] / Н. И. Фокин // Дальневосточный учёный. – 2009. – № 23. – С. 4–5.
74. Цветков, Ю. В. Плазменная металлургия и проблемы комплексного использования сырья: Комплексное использование руд и концентратов [Текст] / Ю. В. Цветков // Наука. – 1989. – № 2. – С. 27–37.
75. Ларичкин, Ф. Д. Формирование концептуальной модели рационального недропользования [Текст] / Ф. Д. Ларичкин // Ресурсы, технология, экономика. – 2005. – № 3. – С. 74–79.
76. Верхотуров, А. Д. Некоторые методологические подходы к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов [Текст] / А. Д. Верхотуров, Б. А. Воронов, Н. П. Романовский // Проблемы комплексного освое-

ния георесурсов : матер. конф. – Хабаровск : ИГД ДВО РАН, 2011. – С. 81–92.

77. Верхотуров, А. Д. Промышленное получение материалов из вольфрамсодержащего сырья в Дальневосточном регионе [Текст] / А. Д. Верхотуров, Н. П. Романовский, А. А. Шнайдер // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 1. – С. 75–80.

78. Ишаев, В. И. Россия в глобальном мире / В. И. Ишаев. – Хабаровск : ИЭИ ДВО РАН, 2003. – 364 с.

79. Верхотуров, А. Д. Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения [Текст] / А. Д. Верхотуров, В. С. Фадеев. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 320 с.

80. Верхотуров, А. Д. Минералогическое материаловедение как раздел науки о материалах [Текст]. В 2 ч. Ч. 2 / А. Д. Верхотуров // Химические технологии. – 2002. – № 7. – С. 2–8.

81. Туманов, Ю. Н. Новые электротехнологии для химико-металлургических процессов получения неорганических материалов [Текст] / Ю. Н. Туманов // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79. – № 12. – С. 1082–1093.

82. Бабенко, Э. Г. Основные аспекты транспортного минералогического материаловедения [Текст] / Э. Г. Бабенко, А. Д. Верхотуров, В. Г. Григоренко. – Владивосток : Дальнаука, 2004. – 224 с.

83. Верхотуров, А. Д. Введение в материалогию [Текст] / А. Д. Верхотуров, А. М. Шпилёв. – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 780 с.

84. Колесников, А. А. Когнитивные возможности синергетики [Текст] / А. А. Колесников // Вестник РАН. – 2003. – Т. 73. – № 8. – С. 727–734.

85. Григорьева, Н. И. Парадоксы платоновского «Тимея»: диалог и гимн [Текст] / Н. И. Григорьева // Поэтика древнегреческой литературы. – М. : Наука, 1981. – С. 47–95.

86. Хоффман, Д. Эрвин Шрёдингер [Текст] / Д. Хоффман. – М. : Мир, 1987. –96 с.

87. Гейзенберг, В. Шаги за горизонт [Текст] : пер. с нем. / В. Гейзенберг ; сост. А. В. Ахутин ; авт. вступ. ст. Н. Ф. Овчинникова. – М. : Прогресс, 1987. – 368 с.

88. Лосев, А. Ф. Платон. Аристотель [Текст] / А. Ф. Лосев, А. А. Тахо-Годи. – М. : Молодая гвардия, 1993. – 384 с.

89. Бердюгин, И. А. Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ [Текст] / И. А. Бердюгин // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 26–31.

90. Большой толковый словарь русского языка [Текст] / под ред. С. А. Кузнецов. – СПб. : Норинт, 1998. – 1536 с.

91. Оксфордская иллюстрированная энциклопедия (физический мир) [Текст]. В 2 т. Т. 1. ; под ред. В. Фукс. – М. : Инфра-М, 2000. – 370 с.

92. Российский энциклопедический словарь [Текст]. В 2 кн. Кн. 1 / под ред. А. М. Прохорова. – М. : БНЭ, 2000. – 1023 с.

93. Новейший энциклопедический словарь [Текст]. – М. : АСТ, 2004. – 1424 с.

94. Большой иллюстрированный энциклопедический словарь [Текст]. – М. : Олма-Пресс, 2005. – 1264 с.

95. Словарь русского языка [Текст] / под ред. С. И. Ожегова. – М. : Оникс, 2005. – 1200 с.

96. Толковый словарь русского языка [Текст] / под ред. Д. Н.Ушакова. – М. : Транзит-книга, 2006. – 1054 с.

97. Иллюстрированный энциклопедический словарь: современная версия [Текст] / под ред. Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон. – М. : Эксмо, 2006. – 960 с.

98. Новейший энциклопедический словарь : 20000 статей [Текст] / под ред. Е. А. Варшавской. – М. : Транзит-книга, 2006. – 1424 с.

99. Большой энциклопедический словарь. Физика [Текст] / под ред. А. М. Прохорова. – М. : БРЭ, 1999. – 943 с.

100. Большой энциклопедический словарь [Текст]. – М. : Астрель, 2005. – 1247 с.

101. Словарь русского языка [Текст] / под ред. С. И. Ожегова. – М. : Оникс, 2006. – 976 с.

102. Политехнический словарь (дополненный) [Текст] / под ред. А. Ю. Ишлинского. – М. : БРЭ, 2000. – 687 с.

103. Коневцов, Л. А. Структурно-функциональная единица связи [Текст] / Л. А. Коневцов // Управление качеством – 2004. – М. : МАТИ – РГТУ им. К. Э. Циолковского, 2004. – С. 68–69.

104. Береговой, В. И. Металлургия никеля [Текст] / В. И. Береговой, Б. Б. Кистяковский. – М. : Металлургия, 1972. – 455 с.

105. Коршак, В. В. Прогресс полимерной химии [Текст] / В. В. Коршак. – М. : Наука, 1965. – 414 с.

106. Онихимовский, В. В. Полезные ископаемые Хабаровского края [Текст] / В. В. Онихимовский, Ю. С. Беломестных. – Хабаровск : Изд-во Приамурск. географ. об-ва, 1996. – 484 с.

107. Урусов, В. С. Энергетическия кристаллохимия [Текст] / В. С. Урусов. – Л. : Наука, 1975. – 336 с.

108. Пенкаля, Т. Очерки кристаллохимии [Текст] / Т. Пенкаля. – Л. : Химия, 1974. – 496 с.

109. Комплексное использование руд и концентратов [Текст] / В. А. Резниченко [и др.]. – М. : Наука, 1989. – 172 с.

110. Резниченко, В. А. Материалы и сохранение окружающей среды – новая модель развития производства [Текст] / В. А. Резниченко // Материаловедение. – 1997. – № 4. – С. 40–44.

111. Ломоносов, М. В. Первые основания металлургии и рудных дел [Текст] / М. В. Ломоносов. – СПб. : Императорская Академия наук, 1763. – 85 с.

112. Беккерт, М. Железо. Факты и легенды [Текст] / М. Беккерт. – М. : Металлургия, 1984. – 232 с.

113. История техники [Текст] / А. А. Зворыкин [и др.] – М. : Прогресс, 1989. – 704 с.

114. Физическое материаловедение в СССР. История, состояние, перспективы развития [Текст] / под ред. В. И. Трефилова. – Киев : Наукова Думка, 1986. – 584 с.

115. Неорганическое материаловедение в СССР [Текст] / под ред. И. Н. Францевича. – Киев : Наукова Думка, 1983. – 720 с.

116. Агрикола, Г. О горном деле и металлургии [Текст] / Г. Агрикола. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 599 с.

117. Мейл, Г. Ф. История развития физического металловедения [Текст] / Г. Ф. Мейл, Р. У. Кан // Физическое металловедение. – М. : Металлургия, 1987. – С. 11–40.

118. Францевич, И. Н. Создание материалов с заданными свойствами [Текст] / И. Н. Францевич // Неорганическое материаловедение в СССР. – 1983. – № 5. – С. 622–633.

119. Кузнецов, В. И. Химия и химическая технология. Эволюция взаимосвязей [Текст] / В. И. Кузнецов, З. А. Зайцева. – М. : Наука, 1984. – 295 с.

120. Лякишев, Н. П. Новые материалы в поисках точного адреса [Текст] / Н. П. Лякишев // Вестник РАН. – 1997. – Т. 67. – № 5. – С. 403–414.

121. Медоуз, Д. Пределы роста [Текст] / Д. Медоуз, Й. Р. Раднерс. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. – 342 с.

122. Сократ, Платон, Аристотель: Библиографические очерки [Текст] / Е. Н. Орлов [и др.]. – СПб. : ЛИО Редактор, 1994. – 326 с.

123. Богданов, А. С. Античная философия [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. С. Богданов. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 368 с.

124. Ленин, В. И. Полное собрание сочинений [Текст]. В 30 т. Т. 29 / В. И. Ленин. – М. : Гос. изд-во полит. лит., 1962. – 178 с.

125. Самсонов, Г. В. Роль образования стабильных электронных конфигураций в формировании свойств химических элементов и соединений [Текст] / Г. В. Самсонов // Порошковая металлургия. – 1966. – № 12. – С. 49–54.

126. Самсонов, Г. В. Конфигурационная модель вещества [Текст] / Г. В. Самсонов, И. Ф. Прядко, Л. Ф. Прядко. – Киев : Наукова думка, 1971. – 230 с.

127. Самсонов, Г. В. Электронная локализация в твёрдом теле [Текст] / Г. В. Самсонов, И. Ф. Прядко, Л. Ф. Прядко. – М. : Наука, 1976. – 338 с.

128. Савицкий, Е. М. Опыт прогнозирования состава и свойств соединений с помощью ЭВМ [Текст] / Е. М. Савицкий, В. Б. Грибуля // ДАН СССР. – 1970. – Т. 190. – С. 1147–1159.

129. Plotkin, S. V. A word about Samsonov [Text] / S. V. Plotkin // Science of Sintering. – 1978. – V. 10. – P. 27–42.

130. Дутчак, Я. И. У истоков электронного материаловедения [Текст] / Я. И. Дутчак, И. Ф. Прядко, Л. Ф. Прядко // Scieince of Sintering. – 1978. – V. 10. – P. 43–56.

131. The book obout Samsonov [Text] / G. V. Samsonov // Science of Sintering. – 1978. – V. 10. – P. 56–64.

132. Devoted to G. V. Samsonov in physics and technology of new materials [Text] // Science of Sintering. – 1984. – V. 16.

133. Косолапова, Т. Я. Вклад Г. В. Самсонова в развитие науки о тугоплавких соединениях [Текст] / Т. Я. Косолапова, И. И. Тимофеева // Science of Sintering. – 1984. – V 16. – P. 33–35.

134. Кислый, П. С. Самсониды – новые вещества нашей эпохи [Текст] / П. С. Кислый // Science of Sintering. – 1984. – V. 16. – P. 25–31.

135. Ристич, М. М. Самсонов – реальность и легенда [Текст] / М. М. Ристич // Science of Sintering. – 1978. – V. 16. – P. 10–17.

136. Самсонов, Г. В. Роль образования стабильных электронных конфигураций в формировании свойств химических элементов и соединений [Текст] / Г. В. Самсонов // Укр. хим. журнал. – 1965. – Т. 31. – С. 1233–1239.

137. Прядко, Л. Ф. Конфигурационная модель вещества – новый подход к описанию строения и свойств твёрдых тел [Текст] / Л. Ф. Прядко, М. М. Ристич // Переходные металлы и их соединения. Электронная структура и свойства : сб. – Белград, 1985. – С. 3–56.

138. Прядко, Л. Ф. Конфигурационная модель вещества Г. В. Самсонова – новый подход к описанию технологии, строения и свойств твёрдых тел [Текст] / Л. Ф. Прядко, И. Ф. Прядко // Science of Sintering. – 1984. – V. 16. – P. 15–24.

139. Беккерт, М. Мир металла [Текст] / М. Беккерт. – М. : Мир, 1980. – 150 с.

140. Венецкий, С. И. Рассказы о металлах [Текст] / С. И. Венецкий. – М. : Металлургия, 1978. – 194 с.

141. Энциклопедия неорганических материалов [Текст]. В 2 т. Т. 1 / под ред. И. М. Федорченко. – Киев : Украинская советская энциклопедия, 1977. – 840 с.

142. Физическая энциклопедия [Текст]. В 5 т. Т. 3 / под ред. А. М. Прохорова. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1992. – 672 с.

143. Химическая энциклопедия [Текст]. В 5 т. Т. 3 / под ред. И. Л. Кнунянтц. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1992. – 641 с.

144. Лахтин, Ю. М. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М. : Машиностроение, 1980. – 493 с.

145. Геллер, Ю. А. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – М. : Металлургия, 1989. – 456 с.

146. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов. – М. : Машиностроение, 1986. – 384 с.

147. Новиков, И. И. Металловедение, термообработка и рентгенография [Текст] / И. И. Новиков, Г. Б. Строганов, А. И. Новиков. – М. : МИСиС, 1994. – 480 с.

148. Гуляев, А. П. Металловедение [Текст] / А. П. Гуляев. – М. : Металлургия, 1977. – 648 с.

149. Богачёв, И. М. Статистическое материаловедение [Текст] / И. М. Богачёв, А. А. Вайнштейн, С. Д. Волков. – М. : Металлургия, 1984. – 176 с.

150. Фистуль, В. И. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы [Текст] / В. И. Фистуль. – М. : МИСиС, 1995. – 142 с.

151. Уэрт, Ч. Физика твёрдого тела [Текст] / Ч. Уэрт, Р. Томсон. – М. : Мир, 1983. – 558 с.

152. Шведков, Е. Л. Словарь-справочник по порошковой металлургии [Текст] / Е. Л. Шведков, Э. Т. Денисенко, И. И. Ковенский. – Киев : Наукова Думка, 1982. – 272 с.

153. Справочник по новой керамике [Текст] / Е. Л. Шведков [и др.] ; отв. ред. В. И. Трефилов. – Киев : Наукова Думка, 1991. – 280 с.

154. Физическое материаловедение [Текст] / под ред. Р. Кан. – М. : Мир, 1967. – 334 с. – Вып. 1.

155. Капица, П. Л. Эксперимент, теория, практика [Текст] / П. Л. Капица. – М. : Наука, 1987. – 191 с.

156. Абрикосов, Н. Х. Полупроводниковое материаловедение [Текст] / Н. Х. Абрикосов. – Киев : Наукова Думка, 1982. – С. 261–270.

157. Бунин, И. Ж. Концепция фрактального материаловедения / И. Ж. Бунин // Металлы. – 1996. – № 6. – С. 29–36.

158. Савицкий, Е. М. Перспективы развития материаловедения [Текст] / Е. М. Савицкий. – М. : Наука, 1972. – 128 с.

159. Конобоевский, С. Т. Действие облучения на материалы. Введение в радиационное материаловедение [Текст] / С. Т. Конобоевский. – М. : Атомиздат, 1967. – 402 с.

160. Космическое материаловедение и технология [Текст] / под ред. А. С. Охотина. – М. : Наука, 1977. – 367 с.

161. Самсонов, Г. В. Физическое материаловедение карбидов [Текст] / Г. В. Самсонов, Г. М. Упадхая, В. С. Нешпор. – Киев : Наукова Думка, 1974. – 456 с.

162. Материаловедение и нанотехнология материалов [Текст] : учеб. для вузов / В. Т. Жадан [и др.]. – М. : Металлургия, 1994. – 624 с.

163. Физико-химические свойства элементов [Текст] : справ. / под ред. Г. В. Самсонова. – Киев : Наукова Думка, 1965. – 808 с.

164. Самсонов, Г. В. Тугоплавкие соединения [Текст] : справ. / Г. В. Самсонов, И. М. Виницкий. – М. : Металлургия, 1976. – 560 с.

165. Верхотуров, А. Д. Материаловедение электродных материалов для электроэрозионной обработки [Текст] / А. Д. Верхотуров. – Владивосток : Дальнаука, 1996. – 33 с.

166. Финляндер, И. Н. Современные тенденции развития композиционных материалов [Текст] / И. Н. Финляндер // Порошковая металлургия. – 1991. – № 1. – С. 40–45.

167. William, F. Hosford Mytbs and over simplication in Materials Science [Text] / F. William // JOM. – 1993. – V. 45. – № 3. – P. 54–56.

168. Савицкий, Е. М. Металловедение сплавов тугоплавких и редких металлов [Текст] / Е. М. Савицкий, Г. С. Бурханов. – М. : Наука, 1971. – 345 с.

169. TMS 1997 Annual Meeting Program [Text] / JOM. – 1996. – № 11. – P. 1–224.

170. Ломоносов, М. В. Труды по минералогии, металлургии и горному делу. 1741–1763 гг. [Текст] / М. В. Ломоносов. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – 758 с.

171. Смит, С. С. Материалы [Текст] / С. С. Смит // Современные материалы. – М. : Мир, 1970. – С. 90–120.

172. Верхотуров, А. Д. Основные идеи и парадигмы развития материаловедения [Текст] / А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – № 8. – 2001. – С. 2–9.

173. Вавилов, С. И. Собрание сочинений [Текст]. В 4 т. Т. 3 / С. И. Вавилов. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 797 с.

174. Дорфман, Я. Г. Всемирная история физики с начала XIX в. до середины XX в. [Текст] / Я. Г. Дорфман. – М. : Наука, 1979. – 317 с.

175. Боголюбов, А. Н. Металловедение [Текст] / А. Н. Боголюбов, Р. М. Гук. – М. : Наука, 1984. – 240 с.

176. Липшиц, О. Д. Краткий немецко-русский и русско-немецкий словарь [Текст] / О. Д. Липшиц, А. Б. Лоховиц. – 20-е изд. перераб. и доп. – М. : Русский язык, 1976. – 615 с.

177. Немецко-русский металлургический словарь [Текст]. – М. : Советская энциклопедия, 1967. – 780 с.

178. Панкин, А. В. Немецко-русский политехнический словарь [Текст] / А. В. Панкин. – М. : РУССО, 1996. – 568 с.

179. Шмитт-Томас, К. Г. Металловедение для машиностроения [Текст] : справ. / К. Г. Шмитт-Томас ; под ред. В. А. Скуднова. – М. : Металлургия, 1995. – 512 с.

180. Русско-английский словарь [Текст] / под ред. А. И. Смирницкого. – 8-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1969. – 768 с.

181. Баринов, С. М. Большой англо-русский политехнический словарь [Текст]. В 2 т. Т. 2 / С. М. Баринов. – М. : Русский язык, 1991. – 720 с.

182. Phusical Metallurgy / Ed. by R. W. Cahn. – University of Sussex, England. North-Holland Publishing, Amsterdam, 1965. – 233 p.

183. Физическое металловедение [Текст]. В 3 т. Т. 1 / под ред. Р. У. Кан, П. Хаазена. – М. : Металлургия, 1987. – 1903 с.

184. Haasen, P. Physical Metallurgy [Text] / P. Haasen. – Combride : Combridav University Press, 1986. – 270 p.

185. Cottreil, A. H. Theoretical Structural Metallurdgy [Text] / A. H. Cottreil. – London : Edvard Arnold (Publishers) LTD, 1956. – 192 p.

186. Hume-Rothery, W. Atomic Theory for the students of Metallurdgy [Text] / W. Hume-Rothery // Jnst. Metals. – London, 1955. – 272 p.

187. Hume-Rothery, W. Elements of Structural Metallurdgy [Text] / W. Hume-Rothery // Jnst. Metals. – London, 1961. – 196 p.

188. Юм-Розери, В. Введение в физическое металловедение [Текст] / В. Юм-Розери. – М. : Металлургия, 1965. – 305 с.

189. Андриевский, Р. А. Материаловедение в университетах Великобритании [Текст] / Р. А. Андриевский. – Пермь : Изд-во РИТЦ порошковой металлургии, 1997. – 24 с.

190. Андриевский, Р. А. Современное материаловедение [Текст] / Р. А. Андриевский, Г. В. Самсонов // Порошковая металлургия. – 1998. – № 12. – С. 7–11.

191. Верхотуров, А. Д. О значении слова «материаловедение» (металловедение) [Текст] / А. Д. Верхотуров // Материаловедение и термическая обработка металлов. – 1997. – № 2. – С. 37–39.

192. Ребиндер, П. А. Развитие физико-химической механики материалов как новой пограничной области знания [Текст] / П. А. Ребиндер // Новые материалы в технике и науке. – М. : Наука, 1981. – С. 17–37.

193. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст] / Ю. П. Солнцев [и др.]. – М. : МИСИС, 1996. – 576 с.

194. Фетисов, Г. П. Материаловедение и технология металлов [Текст] / Г. П. Фетисов. – М. : Высш. шк., 2001. – 638 с.

195. Материаловедение и конструкционные материалы [Текст] / А. С. Пинчук [и др.]. – Минск : Высш. шк., 1989. – 461 с.

196. Фистуль, В. И. Физика и химия твёрдого тела [Текст] / В. И. Фистуль. – М. : Металлургия, 1995. – 480 с.

197. Савицкий, Е. М. Металловедение в Академии наук СССР [Текст] / Е. М. Савицкий // Неорганическое материаловедение в СССР. – Киев : Наукова Думка, 1983. – С. 29–39.

198. Парахонский, А. П. Интеграция и дифференциация наук, их связь с образованием [Текст] / А. П. Парахонский, Е. А. Венглинская // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 9 – С. 86–87.

199. Копецкий, Ч. В. Научные основы материаловедения [Текст] / под ред. Ч. В. Копецкого. – М. : Наука, 1981. – С. 5–6.

200. Верхотуров, А. Д. Основные идеи и парадигмы развития материаловедения [Текст] / А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – 2001. – № 9. – С. 2–7.

201. Верхотуров, А. Д. Минералогическое материаловедение как раздел науки о материалах [Текст]. В 2 ч. Ч. 1 / А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – 2002. – № 6. – С. 2–8.

202. Верхотуров, А. Д. Материалогия – наука о принципах выбора и создания материалов с заданными свойствами [Текст] / А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – 2004. – № 11. – С. 9–13.

203. Золотов, Ю. А. История и методология аналитической химии [Текст] / Ю. А. Золотов, В. И. Вершинин. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 464 с.

204. Алексеев, В. П. Философия [Текст] : учеб. для вузов / В. П. Алексеев, А. В. Панин. – М. : Проспект, 2008. – 592 с.

205. Рузавин, Г. И. Концепции современного естествознания [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Рузавин. – М. : ЮНИТИ, 2007. – 287 с.

206. Основы философии [Текст] : учеб. для вузов / под ред. А. Н. Ерыгина. – М. : Дашков и К°, 2007. – 448 с.

207. Каркин, А. С. Философия [Текст] : учеб. для вузов / А. С. Каркин, Г. Г. Бернацкий. – СПб. : Питер, 2007. – 560 с.

208. Верхотуров, А. Д. Начала материалогии [Текст] / А. Д. Верхотуров, А. М. Шпилёв. – Комсомольск-на-Амуре : КнаГТУ, 2008. – 437 с.

209. Верхотуров, А. Д. Предмет исследования, концептуальные и методологические основы становления и развития материалогии [Текст] / А. Д. Верхотуров, А. М. Шпилёв, Л. А. Коневцов // Химическая технология. – 2008. – № 5. – С. 197–204.

210. Энгельс, Ф. Диалектика природы [Текст] / Ф. Энгельс, К. Маркс // Собр. соч. в 20 т. Т. 20. – С. 33–149.

211. Качалов, Н. Н. Стекло [Текст] / Н. Н. Качалов. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 466 с.

212. Ломоносов, М. В. О пользе химии [Текст] / М. В. Ломоносов. – СПб. : Императорская Академия наук, 1803. – 30 с.

213. Ломоносов, М. В. Избранные труды по химии и физике [Текст] / М. В. Ломоносов ; отв. ред. А. В. Топчиев. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 560 с.

214. Ломоносов, М. В. Полное собрание сочинений [Текст]. В 5 ч. Ч. 4. Металлургия / М. В. Ломоносов. – СПб. : Императорская Академия наук, 1803. – 294 с.

215. Самсонов, Г. В. М. В. Ломоносов и металлургическая наука [Текст] / Г. В. Самсонов // Порошковая металлургия. – 1961. – № 6. – С. 5–9.

216. Ломоносов, М. В. Полное собрание сочинений [Текст]. В 5 ч. Ч. 5. Труды по минералогии, металлургии и горному делу 1741–1763 гг. / М. В. Ломоносов ; под ред. акад. С. И. Вавилова. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – 758 с.

217. Верхотуров, А. Д. О новом определении науки в связи с необходимостью решения глобальных проблем человечества [Текст] / А. Д. Верхотуров, Б. А. Воронов, Л. А. Коневцов // Современное материаловедение и нанотехнологии : сб. матер. междунар. науч.-техн. конф. В 5 т. Т. 1. – Комсомольск-на-Амуре : КнАГТУ, 2010. – С. 30–38.

218. Вишняков, Я. Д. Новая парадигма третьего тысячелетия [Текст] / Я. Д. Вишняков // Экономика и жизнь. – 1994. – № 24. – С. 17–22.

219. Секисов, Г. В. Современные объекты минерального сохранения и их исходная систематизация [Текст] / Г. В. Секисов, В. Г. Романов, Н. В. Зыков // Мир горной книги. – М. : Мир горной книги, 2007. – С. 18–23. – Вып. 16.

220. Яковлев, В. Л. Мировые и Российские тенденции в производстве и потреблении минерального сырья [Текст] / В. Л. Яковлев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : Изд-во ММГУ, 2005. – С. 41–49.

221. Николаев, А. И. Ресурсные технологии переработки минерального сырья Кольского полуострова: стратегия создания и управления [Текст] / А. И. Николаев, В. Т. Калинников, Ф. Д. Ларичкин // Химические технологии. – М. : ЛЕНАНД, 2007. – С. 19–21.

222. Гидрометаллургические процессы переработки нетрадиционного и техногенного сырья редких и цветных металлов [Текст] / А. И. Холькин // Химические технологии. – М. : ЛЕНАНД, 2007. – С. 22–24.

223. Мирозян, Э. Н. Философия и экология [Текст] / Э. Н. Мирозян, В. Хёсл // Вестник РАН. – 1994. – Т. 64. – № 2. – С. 175–179.

224. Мержанов, А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез в химии и технологии тугоплавких соединений [Текст] / А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская // ЖВХО им. Д. И. Менделеева. – 1979. – Т. 24. – № 3. – С. 223–227.

225. Латаш, Ю. В. Электрошлаковый переплав [Текст] / Ю. В. Латаш, Б. И. Медовар ; под ред. Б. Е. Патона. – М. : Металлургия, 1970. – 239 с.

226. Кардашев, Г. А. Физические методы интенсификации процессов химических производств [Текст] / Г. А. Кардашев. – М. : Химия, 1990. – 208 с.

227. Кафаров, В. В. Основы массопередачи [Текст] : учеб. для вузов / В. В. Кафаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1979. – 439 с.

228. Ларичкин, Ф. Д. Исследование природы и путей реализации синергетического эффекта комплексного использования сырья [Текст] / Ф. Д. Ларичкин // Экология северных территорий России. Проблемы, про-

гноз ситуации, пути развития, решения. Т. 1. – Архангельск, 2002. – С. 196–200.

229. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера [Текст] / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1969. – 262 с.

230. Бутуханов, В. Л. Возможности рациональной переработки вольфрамового минерального сырья Дальневосточного региона для получения инструментальных и наплавочных материалов [Текст] / В. Л. Бутуханов, А. Д. Верхотуров, Е. В. Золотоев. – Владивосток : Изд-во ДВО РАН, 1992. – 107 с.

231. Калинников, В. Т. Перспективы использования минерально-сырьевой базы Карело-Кольского региона для производства сварочных материалов электродов и флюсов [Текст] / В. Т. Калинников, А. И. Николаев, Ю. Д. Брусницин // Вопросы материаловедения. – 2006. – № 1. – С. 201–211.

232. Исследования Института материаловедения в области создания материалов и покрытий [Текст]. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 231 с.

233. Верхотуров, А. Д. Стратегические направления рационального природопользования [Текст] / А. Д. Верхотуров, Б. А. Воронов, Л. А. Коневцов // Труды V Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата: Пленарные доклады. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2010. – С. 37–46.

234. Шпирт, А. Ю. Минеральное сырьё и война [Текст] / А. Ю. Шпирт. – М. : Политиздат ЦК ВКП(б), 1941. – 276 с.

235. Верхотуров, А. Д. Комплексное использование минерального сырья в порошковой металлургии [Текст] / А. Д. Верхотуров, Н. В. Лебухова. – Владивосток : Дальнаука, 1998. – 116 с.

236. Технология создания сварочных материалов на основе минерального сырья Дальневосточного региона [Текст] / А. Д. Верхотуров [и др.]. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2010. – 142 с.

237. Ершова, Т. Б. Минералогическое материаловедение как основа получения функциональных материалов [Текст] / Т. Б. Ершова, А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – 2007. – № 7. – С. 289–293.

238. Верхотуров, А. Д. Минералогическое материаловедение – новый раздел науки о материалах [Текст] / А. Д. Верхотуров, Т. Б. Ершова // Пленарные доклады III Евразийского симпозиума. – Якутск : Изд-во СО РАН, 2006. – С. 61–69.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1. ИЗМЕНЕНИЕ ВЕКТОРА НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ 9
1.1. Некоторые особенности развития науки на современном (XX–XXI вв.) этапе существования человечества ... 9
1.2. Новое определение науки, её целей и задач в связи с необходимостью решения назревших глобальных проблем 21
1.3. Новая парадигма развития ресурсодобывающих регионов, в том числе Дальневосточного 34
2. ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ 51
2.1. Материя, вещество, материал, изделие 51
2.2. Материальные образования как структурно-функциональные единицы связи 93
2.3. Общие сведения о минералах, минеральном сырье 118
3. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НОВОЙ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ – МАТЕРИАЛОГИИ 156
3.1. Начальный этап становления и развития 156
3.2. Материалогия – наука о принципах выбора и создания материалов с заданными свойствами в условиях устойчивого развития 181
3.3. Предмет исследования, концептуальные и методологические основы становления и развития материалогии 189
3.4. Методология материалогии и её разделов 202
4. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ МАТЕРИАЛОГИЯ – НОВЫЙ ВАЖНЫЙ РАЗДЕЛ МАТЕРИАЛОГИИ 214
4.1. Становление минералогической материалогии 214
4.2. Минералогическая материалогия – основа получения материалов в ресурсодобывающих регионах 230
4.3. Методология минералогической материалогии 243
4.4. Материалогический подход к устойчивому развитию ресурсодобывающих регионов на основе минералогической материалогии 252
4.5. Получение новых материалов на основе минералогической материалогии 258
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 274
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ 276
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 277

Научное издание

Верхотуров Анатолий Демьянович, **Макиенко** Виктор Михайлович,
Коневцов Леонид Алексеевич, **Строителев** Дмитрий Викторович, **Романов** Игорь Олегович

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

Монография

В двух частях

Часть I

Под редакцией А.Д. Верхотурова

Редактор *Н.В. Смышляева*
Технический редактор *С.С. Заикина*

План 2013 г. Поз. 1.11. Подписано в печать 07.03.2013.
Уч.-изд. л. 14,3. Усл. печ. л. 18,5. Зак. 4. Тираж 50 экз.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

**ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ**

Монография

В двух частях

Часть I

Под редакцией А.Д. Верхотурова

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2013