

УДК 620.22

А.Д.ВЕРХОТУРОВ, А.М.ШПИЛЕВ, Л.А.КОНЕВЦОВ

О списке событий и людей, наиболее значимых для развития наук о материалах

Обсуждается список наиболее значимых событий и людей, повлиявших на развитие науки о материалах (НМ), опубликованный в известном американском журнале «JOM». По мнению авторов, он имеет явные недостатки и ошибки и требует существенного изменения. Авторы обосновывают и предлагают дополнения к этому списку.

Ключевые слова: материал, парадигма, идея, вещь, изделие, движение, структура, технология, свойства, материалогия, наука о материалах.

About the list of the most important events and people in development of sciences about materials.
A.D.VERKHOTUROV, L.A.KONEVTSOV (Institute for Material Studies of the Khabarovsk Centre of Science, FEB RAS, Khabarovsk), A.M.SHPILEV (the State Komsomolsk-on-Amur Technical University).

The list of the most important events and people who influenced the development of science about materials (SM), published in the well-known American magazine "JOM" is discussed. It is shown that the list has evident defects and mistakes. The authors offer grounded additions to the list.

Key words: a material, a paradigm, idea, a thing, a product, movement, structure, technology, properties, materialogic, a science about materials.

В журнале «JOM» [16], одном из лучших междисциплинарных изданий по материаловедению, в 2006 г. был опубликован список 100 событий и людей, повлиявших на развитие наук о материалах (далее список). Он был приурочен к 50-летию Международного общества материаловедов (TMS – Minerals, Metals, and Materials Society). От России в «списке» был представлен только член-корреспондент Петербургской академии наук Д.И.Менделеев. Год спустя на ежегодной встрече материаловедов общества TMS в Орландо (США) 4 200 присутствующих из 68 стран путем голосования выбрали новый список. Самым значимым достижением единогласно признана Периодическая система элементов, разработанная в 1864 г. Д.И.Менделеевым. Данные голосования также приведены в журнале «JOM» [18] и российском журнале «Химия и жизнь» [4]¹.

Представляет значительный интерес анализ списка, ведь будущие успехи науки строятся на фундаменте ее прошлых достижений, а в нем отмечены эпохальные события и люди, повлиявшие на развитие науки и практики в области создания и получения материалов начиная с 28 тыс. л. до н.э. и до 1991 г. Публикация этого списка – важнейшее событие в области наук о материалах, которое показывает вектор их развития, является базой прогноза, разработки и развития перспективных направлений и исследований, а также оценивает вклад отдельных ученых, научных коллективов в сокровищницу мировой науки.

ВЕРХОТУРОВ Анатолий Демьянович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник (Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН, Хабаровск), ШПИЛЕВ Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, ректор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, КОНЕВЦОВ Леонид Алексеевич – научный сотрудник (Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН, Хабаровск). E-mail: Konevts@narod.ru

¹ Нужно сказать, что еще ранее мы отмечали как самое выдающееся достижение в области наук о материалах (именно в материалогии) и первую в этой области парадигму Менделеева «состав элементов-свойства» [3].

Анализ списка показывает, что на развитие НМ оказывали значительное влияние следующие направления:

- 1) создание новых перспективных материалов;
- 2) появление новых обобщений и теорий;
- 3) разработка новых технологий и оборудования;
- 4) создание новых приборов и исследовательского оборудования.

По нашему мнению, эти направления развития НМ должны быть составными частями новой фундаментальной науки – материалогии [3]. Однако, несмотря на ценную информацию, которая необходима для изучения НМ и ее дальнейшего развития, содержание списка вызывает ряд вопросов, связанных с тем, что некоторые основополагающие достижения выдающихся ученых не нашли в нем отражения либо представлены в искаженном свете.

1. Отсутствуют основополагающие данные о влиянии на развитие наук о материи, материале, «вещи» древнегреческих ученых, прежде всего Фалеса, Демокрита, Платона, Аристотеля.

2. Не отмечены многие важнейшие достижения человеческого гения. Например, появление порошковой металлургии (П.Г.Соболевский, 1827 г.), обоснование и разработка физико-химического анализа (Н.С.Курнаков, 1908 г.), создание концептуальных основ металловедения и материаловедения (И.В.Тананаев, 1970 г. и Г.В.Самсонов, 1976 г.), появление принципиально нового метода обработки материалов (Б.Р. и Н.И.Лазаренко, 1943 г.) и т.д.

3. Весьма спорным, по нашему мнению, является включение в список парадигмы Сове, который в 1912 г. опубликовал результаты исследований железоуглеродистых сплавов по схеме «процесс–структура–свойства». При этом утверждается, будто она по сей день является главной концепцией материаловедения. По нашему мнению, этой области наук на данном этапе развития соответствует парадигма Г.В.Самсонова «состав–структура–технология–свойства».

Чтобы попытаться приблизиться к истине, необходимо рассмотреть процесс становления НМ со времен зарождения натурфилософии. Прав был С.С.Смит [13], утверждая, что наука о материалах такая же древняя, как и философия. По нашему мнению, наука о материи, материале, «вещи» зародилось в недрах философии, и отделить ее на начальном этапе (до XVI–XVII вв.) от философии невозможно.

Для оценки процесса становления НМ и обоснования отдельных этапов их развития использовалось учение Т.Куна [1, 5], которое было дополнено рядом новых положений [3]. На их основании была предложена начальная схема формирования НМ: «идея–инкубационный период–первая (первые) парадигма(ы)–нормальная наука–последующая(е) парадигма(ы)....». При этом идея появляется исходя из назревших потребностей человеческого общества, она может иметь ряд обособленных направлений развития. Началом натуральной философии материи, материала и «вещи» послужили основные идеи древнегреческих ученых, а также практиков многих стран. Перечислим их.

1. *Идея познавательная* о структуре материи и материале (рис. 1). Ее суть: все многообразие мира, окружающего человека, состоит из одного или нескольких первоэлементов. Автором является первый греческий философ Фалес. Ему принадлежит мысль о единстве мироздания. Эта великая мысль в философии, естествознании осталась в памяти людей навсегда [9].

2. *Идея практическая*, которая интуитивно присутствовала у создателей материалов в древние (иногда и не в древние) времена, – получение материала «прочного, твердого, как камень, и одновременно пластичного, как медь», для инструмента, орудий труда, оружия и материала «прочного, длительно сохраняющего тепло или холод», для строительства жилья. Эта идея в конечном счете сформировалась как глобальная проблема – получение материалов с заданными свойствами.

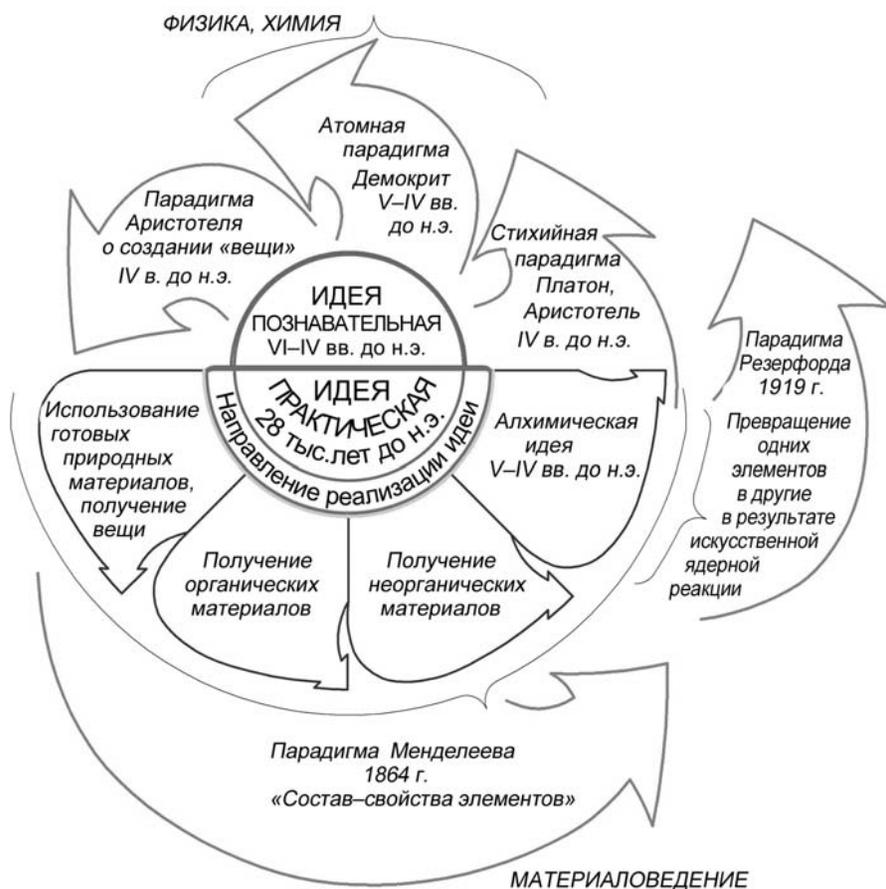


Рис. 1. Основные идеи и парадигмы в развитии наук о материалах

3. *Идея получения «вещи»* за счет изменения формы первоматерии с участием энергии и интеллекта.

Гораздо позже (II–V вв.) в русле практической идеи возникло алхимическое направление (превращение одного элемента в другой), инкубационный период ее развития вызвал появление ряда парадигм (рис. 1). Назовем их.

1. «Атомная» (Демокрит) и «стихийная» (Платон–Аристотель).
 2. «Вещь» – «основа бытия». Оформилась в виде первой концепции Аристотеля «первоматериал–энергия–интеллект–форма–вещь»; не нашла должного развития применительно к современным условиям.
 3. «Состав – свойства элементов» (Д.И.Менделеев). Ею в Новое время завершился этот длительный инкубационный период развития алхимии этой практической идеи (алхимии).
3. Трансмутация вещества. Осуществлена в 1919 г. Резерфордом, который выполнил первое искусственное превращение элементов (азота в кислород).

Таким образом, первые идеи и парадигмы в области НМ (познавательная и создания «вещи») возникли в Древней Греции и связаны с именами Пифагора, Демокрита, Платона, Аристотеля. Однако обратим внимание на то, что период их усвоения был длительным, как и дальнейшее их развитие научным сообществом. Речь идет прежде всего о первых парадигмах, вытекающих из практической идеи получения вещи (рис. 2). Это связано с двумя основными причинами.

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

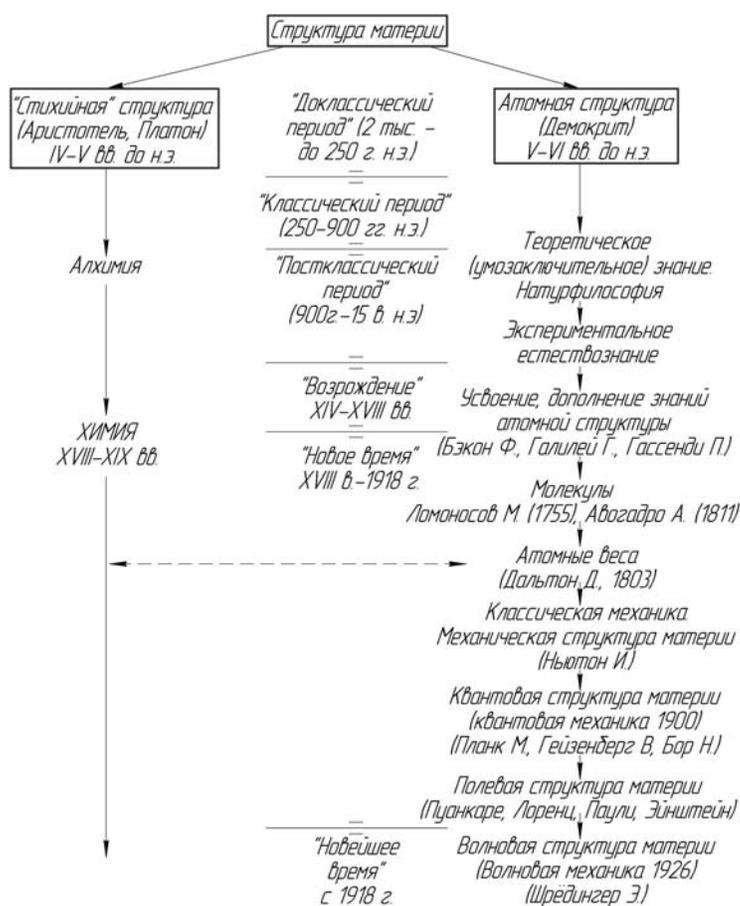


Рис. 2. Схема развития представлений о структуре материи

1,5 тыс. лет, но не смогла стать фундаментом дальнейшего развития науки (рис. 2). Однако она стала теоретической базой алхимии, что способствовало становлению химии. «Стихийная» парадигма (мир состоит из воды, воздуха, земли, огня и эфира) трансформировалась в положение о различном состоянии вещества: жидком, твердом, газообразном и плазменном.

2. Естествознание древних в большинстве случаев было, скорее, «умозрительным», в то время как развитие производительных сил общества требовало надежных, проверенных данных.

После того как естествознание приняло «атомную» систему Демокрита, т.е. новый взгляд на строение вещества, и стало экспериментально-теоретическим, произошел бурный рост знаний. Таким образом, первыми концептуальными основами строения материи в истории развития научных знаний о ее структуре были парадигмы Демокрита, а затем Платона–Аристотеля, и не внести их имена в список великих было бы несправедливо.

Однако роль Аристотеля в становлении НМ на этом не заканчивается. Он предложил «принципы» получения любой «вещи» – эта идея и стала истоком науки о материалах. Сам Аристотель свое учение о «вещи» – сути бытия излагал много раз и разными способами. Обобщая ряд комментариев [2, 6–8], можно кратко сформулировать то, что сам Аристотель называл четырьмя принципами любой вещи.

1. Материальные – то, из чего состоят вещи, их субстрат.
2. Формальные – в которых форма проявляется, образуя сущность вещи.

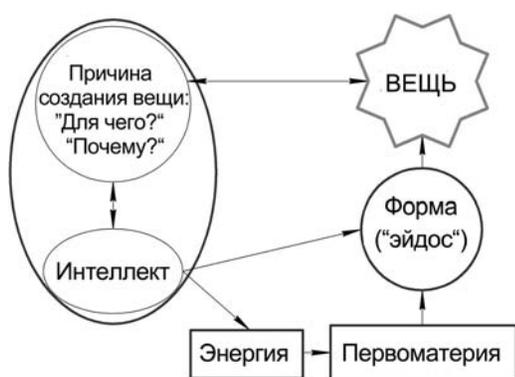


Рис. 3. Четырехзвенная схема получения вещи по Аристотелю (создание вещи путем образования формы)

мание, что, по Аристотелю, «изделие» определяет выбор материала (первоматерии), энергии и интеллекта. Необходимо указать на обязательный и общий принципы соотношения формы и материи: каждая «вещь», по Аристотелю, – результат творчества (рис. 3). Сенека [12], через 400 лет, комментируя «принципы» (причины) ее получения, указывает следующие: материя, создатель (интеллект), форма (эйдос), намерения. При этом он упускает важнейшую причину – «энергия», что, конечно, слабее выводов Аристотеля. По Платону, в создании «изделия» должна быть определяющая причина – идея. Таким образом, парадигма создания «вещи», по Платону: «причина–идея–материал–энергия–интеллект–форма–вещь» является, на наш взгляд, наиболее близкой современному пониманию процесса получения «изделия».

Анализ парадигм создания «изделия» Платона и Аристотеля показывает, что и в настоящее время вещество и форма являются основными «причинами» его создания. При этом осознана необходимость энергетического воздействия (технологии) не только для получения формы, но и вещества с определенной структурой и составом, т.е. превращения его в материал, а затем и в изделие. И чем сложнее изделие, чем важнее, тем выше требования к «интеллекту» его создателя.

В настоящее время в большинстве случаев материал становится «вещью», и в связи с этим идеи Платона, Аристотеля можно рассматривать как первые парадигмы в области НМ, возникшие во время натурфилософии. Эти концепции по созданию «вещи» не потеряли своей значимости, они до сих пор поражают своей глубиной и всесторонностью исследования рассматриваемой проблемы. Однако современная ее схема создания усложнилась и стала многоступенчатой (рис. 4).

В большинстве случаев первоматерия (M_0) претерпевает последовательно изменения не только формы, но и структуры, а также химического, фазового состава до требуемого ($M_0 \rightarrow M_n$). Воздействие энергии на материал происходит в заданных условиях с применением специального оборудования, приборов и т.д., что означает использование направленной технологии (от T_0 до T_n). Она в свою очередь подразделяется на 2 технологии – получения материала (допустим, металлургия – T_1) и его обработки (механическая обработка – T_0) для создания формы. Использование интеллекта для получения «вещи» происходит с использованием последних достижений науки и практики.

Но главная особенность – перемещение материала от M_0 до M_n . Аристотель отмечал, что существуют различные движения вещи. Наука пошла преимущественно по изучению механического передвижения тел. По Аристотелю, движение является такой же основной категорией, как материя и форма вещей, и бытие имеет самодовлеющую причину, которая так или иначе отражается в реальной зависимости изменения одной вещи от перемещения и воздействия на нее других. Таким образом, можно отметить, что движение материала

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?».

Таким образом, парадигма создания «вещи», по Аристотелю: «причина–материал–энергия–интеллект–форма–вещь».

Аристотель не включил напрямую в свои принципы «интеллект», но уделил ему значительное место в формировании «вещи» («изделия»). Обращает внимание

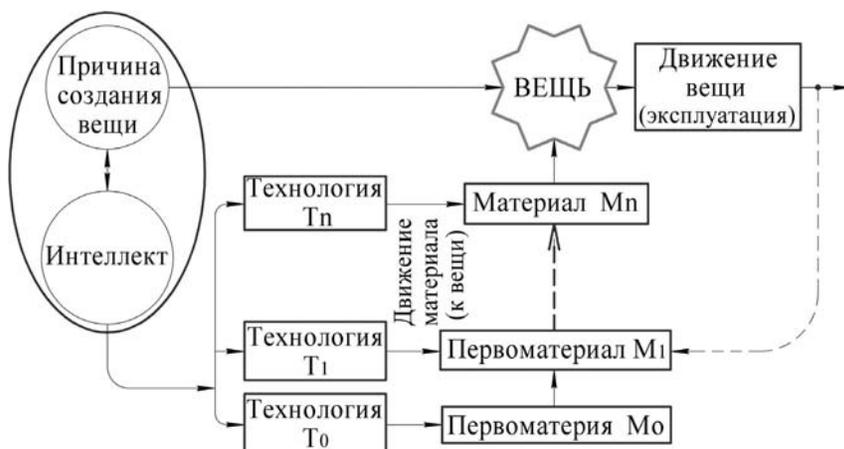


Рис. 4. Схема Аристотеля применительно к современным условиям получения «вещи»

предшествует движению «вещи». Современное материаловедение систематически не изучает влияния технологии, интеллекта и движения материала от T_0 до T_n , так же как и воздействия на первоматериал, – это, по-видимому, станет задачей новой науки о материалах, как и изучение круговорота материалов в природе [3]. Таким образом, учение древнегреческих мыслителей о создании «изделия», а также структуре материи представляет не только историческую ценность, но и является исходным для науки о материалах, и не включить их имена в список – большая ошибка.

Следует отметить, что В.Гейзенберг в свое время сказал: «Мне в голову не могло прийти видеть в естествознании и технике нашего времени мир, принципиально отличный от философского мира Пифагора или Евклида». Позже он утверждал: «... вряд ли можно продвинуться в современной атомной физике, не зная греческой философии» (цит. по: [1, с. 370]). Нам, в свою очередь, в голову не приходит мысль, что без Фалеса, Демокрита, Платона, Аристотеля можно рассматривать становление и развитие материаловедения.

Опирающаяся на гениальные работы древнегреческих мыслителей по созданию «вещи» (Аристотель), а также структуре материи (Демокрит, Платон–Аристотель), подлинная наука о материалах возникла только в XVIII–XIX вв. и началась с изучения состава, строения железоуглеродистых материалов при использовании оптических микроскопов, а затем спектрального анализа, т.е. с экспериментального естествознания НМ.

Наука о материалах родилась в «век железа», и естественно, что главным предметом исследования были железо и его сплавы, ставшие главным конструкционным материалом Нового времени. Анализ развития науки о материалах в эпоху экспериментального естествознания показал, что ее формирование шло по пути: инкубационный период–металлография–металловедение–материаловедение. На первом этапе – накопление экспериментальных данных, их анализ – шло бурное открытие элементов, использование которых позволило проводить модельные эксперименты и обобщения. Возникла металлография – наука, которая была по существу замкнута на изучении железоуглеродистых сплавов, при этом появилась возможность определения химического состава вещества, а также его микроструктуры. В это время был издан ряд замечательных обобщающих монографий, посвященных исследованию химического состава, микроструктуры железоуглеродистых сплавов. К их числу относится и труд А.Совье «Металлография и металлообработка железа и сталей», изданный 1912 г. (переизданный в 1916 г.), он представляет интерес и в наше время [17]. Однако здесь нет и намека на «парадигму материаловедения», как следует из «списка» [16]. Указанная в нем концепция А.Совье: «процесс–структура–свойство» не отражает современное состояние материаловедения. В своей монографии под «процессом» он понимал термическую обработку железоуглеродистых сталей, а под структурой –

фазовый их состав, который в то время определялся преимущественно с помощью оптического микроскопа (микроструктуры сплавов) [14]. Рентгеноструктурный анализ вещества к этому времени был только предложен, но не использовался, еще не было дано определения кристаллической, атомной, электронной структуры железоуглеродистых сплавов. Не только химический, как убедительно показал А.Совье, но в большей мере фазовый состав определяет свойства стали. Его выводы, скорее, предтеча парадигмы «состав–структура–свойства», которая была предложена в другое время и другими выдающимися учеными.

Таким образом, внесение в список парадигмы А.Совье, на наш взгляд, является необоснованным. Кроме того, задолго до Совье в науках о материалах появилась первая парадигма Д.И.Менделеева [3].

Науки о материалах до начала XX в. были заняты преимущественно исследованиями по совершенствованию железоуглеродистых легированных сталей, а также получением и исследованием открытых элементов. Однако промышленность и другие отрасли хозяйства требовали все новых материалов с более высоким уровнем свойств. Прежде всего возникала проблема их выбора для практических нужд, затем – усовершенствования и повышения их свойств. Необходима была концептуальная схема выбора и создания материала, которая должна отрабатываться на модельных образцах, т.е. элементах. Разработка первой концептуальной основы в НМ должна была базироваться на установлении закономерностей изменения свойств от химического состава вещества, прежде всего на модельных образцах, т.е. чистых элементах, а не на установлении таких закономерностей у чугунов, сталей.

Дмитрием Ивановичем Менделеевым впервые в мировой науке была четко установлена связь атомных весов и химического состава элементов (рис. 5), это был величайший научный подвиг – прорыв в науках о материалах, с которого началась, собственно, сама наука о прогнозировании свойств веществ. Появилась первая концептуальная основа, модель постановки проблем и их решений – парадигма Менделеева «элементный состав–свойства».

Следующим этапом было учение Николая Семеновича Курнакова – основателя физико-химического анализа «состав–свойства», но уже не элементов, а соединений. Появилось множество диаграмм состояний, позволяющих прогнозировать некоторые свойства соединений и назначать режимы их термической обработки [14].

Детальное исследование железоуглеродистых сталей показало, что на их свойства значительное влияние оказывает структура (микроструктура, кристаллическая и т.д.) материала. Академиком Иваном Владимировичем Тананаевым [15] была предложена трехзвенная парадигма «состав–структура–свойства», которая стала базовой в материаловедении.

Однако все предыдущие парадигмы были нацелены на изучение веществ материалов, они и стали основой материаловедения («товароведения», по выражению академика АН СССР П.А.Ребиндера), а для их выбора необходимо знать потребительские (эксплуатационные) свойства. Кроме того, в начале XX в. резко встал вопрос не только об изучении, повышении свойств, но и о создании принципиально новых материалов, а парадигма Тананаева уже не отвечала новым требованиям НМ. Тогда и появилась концепция Самсонова «состав–структура–технология–свойства» (рис. 5), которая стала базой новой науки – материаловедения, как ее назвали авторы статьи [3]. В развитие идеи Самсонова в Институте материаловедения ХИЦ ДВО РАН предложена усовершенствованная концептуальная основа НМ (рис. 5). Она, на наш взгляд, охватывает все разделы и достижения наук, родственные НМ, – металлургию, химию, физику, минералогию, кристаллографию, технологию, обработку материалов и т.д., интегрирует их в одну фундаментальную науку для разработки теории и практики создания материалов с заданными свойствами.

Г.В.Самсонов, по существу, является отцом материаловедения. Кроме того, в последние годы своей короткой жизни, осознав, что для создания новых материалов, прогнозирования их свойств необходима теоретическая база, он приходит к выводу, что центральной категорией в материаловедении постепенно становится категория «структуры»,

при этом к ней также относятся понятия «свойства» и «технология». Прогнозирование свойств должно подняться на качественно новую ступень – новые принципы [10, 11].

Таким образом, на основе изложенного, список наиболее важных событий и людей необходимо, по нашему мнению, дополнить следующими учеными и принадлежащими им парадигмами (далее они указаны в скобках).

1. Фалес («все окружающее человека состоит из одного первоначала»).
2. Демокрит (атомная).
3. Платон, Аристотель («стихийная» – была ведущей более 1,5 тыс. лет).
4. Аристотель (создание и получение «вещи» – сути бытия).
5. Д.И.Менделеев («химический состав элементов–свойства»).
6. Н.С.Курнаков («состав вещества–свойства»).
7. И.В.Тананаев («состав–структура–свойства»).
8. Г.В.Самсонов («состав–структура–технология–свойства»).

Данные дополнения к списку не исчерпывающие. Работа должна быть продолжена. Уж очень важную проблему затронуло общество TMS и редакция журнала «JOM».



Рис. 5. Парадигмы в развитии практической идеи в материаловедении

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахутин А.В. Вернер Гейзенберг и философия // Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989. С. 363-394.
2. Богданов А.С. Античная философия. М.: Изд-во МГУ, 1985. 368 с.
3. Верхотуров А.Д., Фадеев В.С. Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения. Владивосток: Дальнаука, 2004. 320 с.
4. Календарь материаловедца / подг. С.М.Комаров // Химия и жизнь. 2006. № 11. С. 18-21.
5. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.
6. Литвинова Е.Ф. Сократ, Платон / Орехов Е.М. Аристотель: библиографические очерки. СПб.: Редактор, 1994. 326 с.
7. Лосев А.Ф. Тахо-Годи А.А. Платон, Аристотель. М.: Молодая гвардия, 1993. 384 с.
8. Радугин А.А. Философия. М.: Центр, 1999. 272 с.
9. Савченко В.Н., Смагин В.П. Корифеи естествознания и их творения: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. 216 с.
10. Самсонов Г.В. Проблемы создания неорганических веществ и материалов с заданными свойствами. (По материалам доклада, прочитанного в Сербской академии наук и искусств 26.06.1975 г.) // Порошковая металлургия. 2002. № 9/10. С. 118-133.
11. Самсонов Г.В., Прядко И.Ф., Прядко Л.Ф. Электронная локализация в твердом теле. М.: Наука, 1976. 338 с.
12. Сенека Л.А. Нравственные письма к Луцию / сост. и науч. подг. М.Гаспаров. М.: Худож. лит., 1986. 543 с.
13. Смит С.С. Материалы // Современные материалы. М.: Мир, 1970. С. 9-20.
14. Соловьев Ю.И. Николай Семенович Курнаков: 1860–1941. М.: Наука, 1986. 272 с.
15. Тананаев И.В. Основные этапы развития неорганического материаловедения в СССР // Неорганическое материаловедение в СССР. Киев: Наукова думка, 1983. С. 8-29.
16. JOM'S The greatest moments in materials' science and engineering // JOM. 2006. N 2. P. 1-8.
17. Sauvieur A. The metallography and heat treatment of iron and steel. Cambridge, 1916. 486 p.
18. Voting for JOM's Ten greatest materials moments: fact sheet // JOM. 2006. N 9 (26). P. 1-9.