

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О.С. СИРОТКИН, П.Б. ШИБАЕВ

# ИСТОРИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Учебник по дисциплине  
«История развития материаловедения»

*Рекомендовано НМС по материаловедению и технологии конструкционных  
материалов Минобрнауки РФ в качестве **учебника**  
для студентов КГЭУ, обучающихся в области техники и технологии  
по направлениям 150100 «Материаловедение и технологии материалов»,  
150600 «Материаловедение и технология новых материалов»*

Казань 2014

УДК 620.2  
ББК 30.3  
С40

*Рецензенты:*

доктор технических наук, профессор Казанского национального  
исследовательского технологического университета *Р.А. Кайдриков*;  
доктор химических наук, профессор Казанского государственного  
энергетического университета *О.К. Ключников*

**Сироткин О.С., Шibaев П.Б.**

С40 **История материаловедения:** Учебник / О.С. Сироткин,  
П.Б. Шibaев. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – 255 с.

ISBN 978-5-89873-422-0

В издании на доступном уровне, на основании точных исторических фактов излагаются сведения о становлении и эволюции науки о материалах – материаловедении. В учебнике последовательно и логично приведены обширные исторические данные, раскрывающие влияние научных достижений на расширение номенклатуры материалов к началу XXI века, а также контрольные вопросы, основные понятия и термины.

Учебник предназначен для студентов КГЭУ всех форм обучения при подготовке к сдаче зачета и экзамена по дисциплине «История развития материаловедения». Авторы говорят о сложных вещах понятным языком, что делает учебник доступным при подготовке инженеров и бакалавров по направлениям 150100 «Материаловедение и технологии материалов», 150600 «Материаловедение и технология новых материалов».

Учебник может быть также полезен инженерам, аспирантам и преподавателям.

УДК 620.2  
ББК 30.3

ISBN 978-5-89873-422-0

© Сироткин О.С., Шibaев П.Б., 2014

© Казанский государственный  
энергетический университет, 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник написан в соответствии с учебным планом и программой по дисциплине «История развития материаловедения» для студентов Казанского государственного энергетического университета, обучающихся в области техники и технологии по направлениям 150100 «Материаловедение и технологии материалов», 150600 «Материаловедение и технология новых материалов». Учебник также предназначен для студентов, получающих наиболее фундаментальные общие (бакалавриат) или углубленные (специалитет, магистратура) знания по материаловедению, а также для аспирантов, научных работников и преподавателей, специализирующихся в данном научном направлении. Он обладает новизной по сравнению с традиционными учебными пособиями и учебниками. Например, даже самые современные учебники и пособия, вышедшие в последнее время в разных издательствах (К примеру: Фетисов Г.П., Матюнин В.М., Соколов В.С. и др. *Материаловедение и технология материалов*, М.: Изд-во Юрайт, 2014, 767 с.; Тарасенко Л.В., Пахомова С.А., Унчикова М.В. и др. *Материаловедение*. М.: Инфра-М, 2012, 475 с. и др.), при всех их очевидных достоинствах в отдельных разделах, не содержат системной информации об истории развития материаловедения. В представленном учебнике это сделано впервые. Результат был достигнут за счет того, что до этого на кафедре «Материаловедение и технологии материалов» (МВТМ) был издан ряд учебных пособий с грифами УМО и НМС по материаловедению и технологии конструкционных материалов Минобрнауки РФ, и авторы рассматривают историю материаловедения не как обособленную учебную дисциплину цикла общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин ООП. Для этого используются исторические факты, раскрывающие *эволюцию развития материаловедения* как науки и учебной дисциплины в плане расширения номенклатуры веществ-материалов, используемых человечеством с древнейших времен и по настоящее время, технологий материалов и вклад отдельных личностей в этот процесс.

*Авторы выражают свою благодарность людям, поддержавшим издание этой книги, и рецензентам данного учебника: д.т.н, профессору Казанского национального исследовательского технологического университета Р.А. Кайдрикову; д.т.н, профессору Казанского государственного энергетического университета В.К. Ильину и д.х.н, профессору Казанского государственного энергетического университета О.К. Ключникову – за труд по оценке его достоинств и недостатков, а также заведующей учебной лабораторией кафедры МВТМ КГЭУ С.А. Горявиной за помощь в оформлении обложки данной работы.*

*Авторы осознают, что в рамках одной книги невозможно рассказать о всех достижениях в области материаловедения и людях стоящих за ними, поэтому заранее за это извиняются. Все замечания и дополнения просим присылать авторам на e-mail: oleg\_sirotkin@front.ru, rand22@ya.ru.*

*История мира – это биография великих людей.  
Т. Карлейль*

## **ВВЕДЕНИЕ**

«История материаловедения» должна раскрывать эволюцию развития материаловедения как науки и учебной дисциплины в плане расширения номенклатуры веществ-материалов, используемых человечеством с древнейших времен и по настоящее время, технологий материалов и вклад выдающихся личностей в этот процесс. В этой дисциплине оценивается состояние материаловедения и мировые тенденции к началу XXI в. Причем под технологиями материаловедения следует понимать технологии обработки природных материалов, получения искусственных и синтетических материалов, а далее модификации (легирование) их структуры, свойств и переработки материалов в конечные изделия.

Материаловедение и естествознание неразделимы, так как материалом в широком смысле является любая разновидность вещества или материального тела, используемого природой для получения любых других их разновидностей (например, элементарные частицы являются материалом для построения атомов, а атомы – материал для построения химических веществ и т.д.). Эти вопросы подробно рассмотрены в монографии одного из авторов данного пособия (Сироткин О.С. Интегрально-дифференциальные основы унитарной концепции естествознания (Парадигма многоуровневой организации материи как естественная основа многообразия и единства природы объектов системы Мироздания). Казань: КГЭУ, 2011, 268 с.). Основой современного естествознания является единый интегрально-дифференциальный взгляд на устройство индивидуальных материальных объектов в рамках унитарной *системы Мироздания* (по О.С. Сироткину, 2003–2011 гг.), их объединяющей (в виде системы многоуровневой организации Мироздания). Знание фундамента этой Системы приводит к осознанному научному пониманию фундаментального единства природы разных уровней организации материи и одновременно к вскрытию причин разницы в их структуре (элементный состав и тип их связи) и свойствах, включая саму материю, вещество и материал. В мире Земли нас повсюду окружают вещества и материалы, составляющие атмосферу, гидросферу, литосферу, биосферу и техносферу Земли. Но при этом для человека

*материалы – это, в первую очередь, исходные вещества для производства продукции в виде различных изделий и конструкций, а также вспомогательные вещества для производственных процессов, которые образуют, прежде всего, техносферу Земли. Словом, не все вещества могут служить материалом для человека с целью получения необходимых ему вещей (изделий, конструкций и т.д.). Например, ни элементарные, ни атомные частицы веществ реально не используются человеком для производства необходимых ему вещей, так как в мире термодинамики Земли их в индивидуальном виде просто не существует (за исключением инертных одноатомных газов) или они не стабильны. Поэтому в действительности в качестве веществ-материалов мы используем, прежде всего, природные химические вещества, данные нам природой Земли, в виде гомо- (простое вещество, типа алмаза) и гетероядерных соединений (оксиды, целлюлоза и т.д.), либо искусственные (керамика, стекло или стали), либо синтетические (полиэтилен, полипропилен, фторопласта и т.д.). Причем создание последних – заслуга ученых и инженеров.*

Значимость материаловедения в жизни человечества трудно переоценить. Ведь жизнеобеспечение человечества опиралось и опирается до сих пор на наличие у него *трех основных материальных составляющих*.

Это *энергия* (в первую очередь, тепловая в виде огня как продукта химической реакции горения углеводородов и т.д.) и *химические вещества-материалы* (для изготовления различных изделий: оружие, посуда, одежда, жилище, включая печи для получения энергии и т.д.). И наконец, а может и в первую очередь, это *пища* как разновидность вещества или материал для поддержания жизнедеятельности организма, включая ее (его) использование и в качестве строительного материала тела человека. Причем приготовление пищи также невозможно без использования различных материалов и энергии, получаемой, в первую очередь, в результате химических реакций горения веществ. Важную роль материалов в основных направлениях жизнеобеспечения человечества демонстрирует рис. 1.

В отличие от таких классических естественных наук, как химия, физика, биология, механика и т.д., материаловедение является «симбиозной» или интегральной дисциплиной, базирующейся на всех вышеперечисленных с упором на практическое применение веществ в качестве различных функциональных материалов, включая конструкционные. Поэтому до последнего времени теоретические основы материаловедения, раскрывающие основы единства природы и причины различий в структуре и свойствах металлических и неметаллических материалов, развивались с опозданием по сравнению с практикой.

Кроме того, этому способствует и бесконечное разнообразие постоянно расширяющейся номенклатуры природных, искусственных и синтетических материалов, используемых человечеством. Если наука о материалах оказалась «тяжела» даже для ученых, вряд ли можно предположить, что наши предки вполне осознанно обрабатывали и использовали материалы. И в самом деле, ни одна из технических дисциплин не изобилует суевериями в такой степени. Можно было бы (а, быть может, и должно) написать полную ужасов книгу о предрассудках, связанных с получением материалов. Так, в древнем Вавилоне при изготовлении стекла использовались человеческие эмбрионы; в древней Японии закаливали мечи, погружая их докрасна раскаленными в тела живых пленников. Обычными были случаи погребения жертв в основаниях зданий и мостов, лишь в древнем Риме людей заменили чучелами. Подобные обычаи были связаны с примитивной философией и отсутствием научных основ в науке о материалах, где каждая конструкция наделялась собственной духовной жизнью.

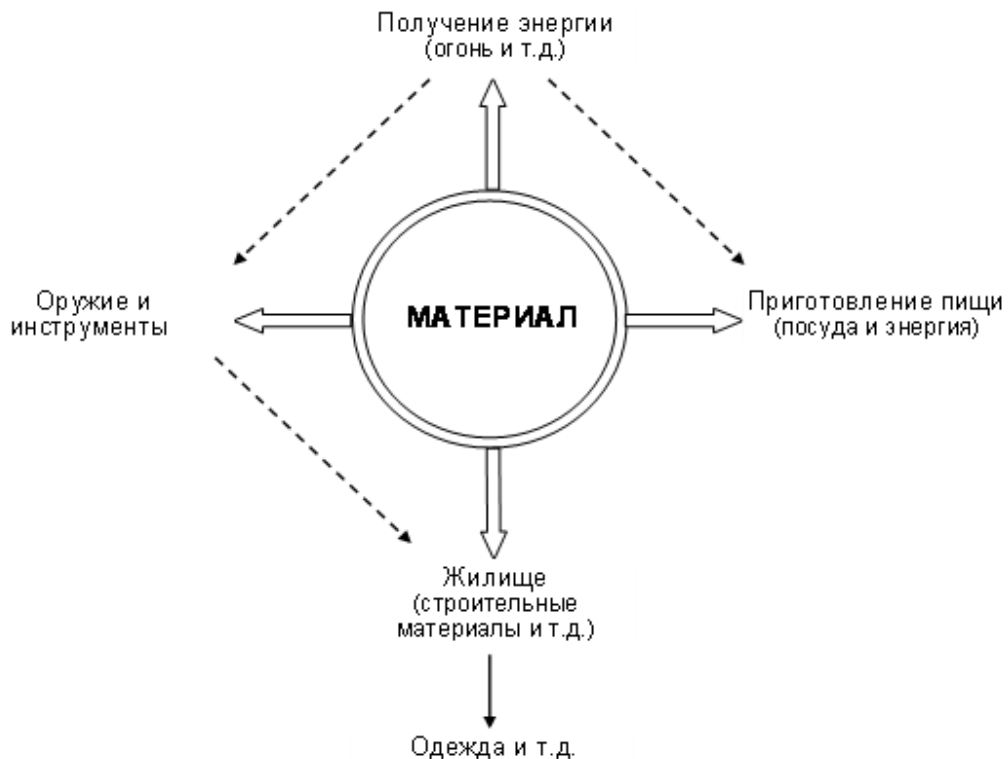


Рис. 1. Материалы в жизнеобеспечении человечества

Со временем человек стал менее жестоким, но не менее суеверным. Во всяком случае, некоторые пережитки иррационального чувствуются даже в нашем сегодняшнем отношении к материалам. Так, зачастую весьма бурно обсуждаются вопросы о пользе применения старых и новых, натуральных и синтетических материалов. Причем бушующие

на такого рода дискуссиях эмоции далеко не всегда основываются на реальных знаниях или экспериментальных доказательствах. Эти предубеждения наиболее сильны в быту («Может ли что-нибудь сравниться с шерстью?») или «Нет ничего, подобного коже!»), но иногда они проникают и в область проектирования серьезных конструкций.

Издавна человеку казалось удобным видеть в материалах некую жизненную силу, от которой якобы зависит их работоспособность. Например, говорили, что вещи ломаются, потому что их покидает некая сила.

Как-то во время войны при поставке бамбука, который шел для изготовления аэростатов заграждения, один импортер бамбука жаловался на трудности хранения прутьев необходимой длины: для них требовалось слишком много места, поскольку их нужно было складывать горизонтально. На предложение хранить бамбук в вертикальном положении он заявил, что это невозможно, так как сила бамбука вылетит из него через обращенный кверху конец. В прошлом при выборе материала и проектировании конструкции полагались лишь на инстинкт и опыт. Среди лучших ремесленников, работавших по сложившимся традициям, встречались иногда блестящие мастера. Однако было бы ошибкой преувеличивать возможности традиций, мастерство ремесленника могло быть великолепным, но инженерное решение его изделий, как правило, в лучшем случае было посредственным, а иногда оказывалось и удивительно плохим. Повозки теряли колеса, потому что каретных дел мастерам не хватало смекалки крепить их подобающим образом. Точно так же деревянные корабли в плавании почти всегда имели злосчастные течи, потому что кораблестроители тех дней не понимали природы касательных напряжений, которые и сегодня для многих остаются загадкой.

Современной молодежи XXI в. России мало знать только о вкладе гениальных русских ученых (это, в первую очередь, М.В. Ломоносов, который научно обосновал атомно-молекулярное строение материи и разработал корпускулярную теорию; А.М. Бутлеров, заложивший основу теории химического строения вещества; Д.И. Менделеев, создавший Периодическую систему атомов и открывший одноименный закон, и В.И. Вернадский, развивший в монографии «Химическое строение биосферы Земли и ее окружение» идеи эволюционного образования ноосферы или сферы разума на Земле). Необходимо также знать, какой вклад внесли и другие отечественные и зарубежные ученые в становление и развитие теоретических и прикладных основ материаловедения, включая наиболее важные открытия и их влияние на экономику Республики Татарстан, России и всего мира.



*Historia est magistra vitae*  
(История – учитель жизни).  
*Древний латинский завет*

## ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Прежде чем приступить к рассмотрению хронологии использования и создания человечеством различных материалов (см. Приложение), необходимо вспомнить, что с момента своего появления на Земле люди постоянно используют материалы в соответствии со своими основными жизненными потребностями, приведенными на рис. 1.

Причем вначале (по эволюционной теории Дарвина) эти потребности в питании, жилье, оружии, одежде и т.д. человек осуществлял только за счет *природных материалов*. Это, прежде всего, древесина, растения и камень (материалы для получения огня и приготовления пищи, одежды или в качестве строительных материалов для изготовления жилищ и др.), правда с применением примитивных технологий их *обработки или переработки* на уровне механического воздействия на изделия, появляются орудия типа наконечников копий, скребков или каменных ножей и т.д. Ведь не зря в истории выделяют «каменный век».

Однако со временем, по мере роста потребностей и развития технологий, в результате направленного воздействия человека на природные материалы появились модифицированные на уровне физической и химической структур материалы (типа керамики, стекла или железа), называемые сегодня *искусственными*. К тому же часть из них могла быть получена в природе без участия человека в результате извержения вулканов (спекание глины в керамику или образования вулканического стекла – обсидиана) или других природных процессов (например, метеоритное железо).

И, наконец, человечество научилось создавать качественно новые, не существующие в природе *синтетические материалы* типа полиэтилена, поликарбоната и т.д., которые получают путем выделения из природных химических веществ низкомолекулярных соединений (мономеров) с последующей полимеризацией (поликонденсацией) или синтезом олиго- или высокомолекулярных соединений. *Синтез – это объединение «простых» – «мономерных» – элементов в единое целое.*

Особые перспективы имеют сегодня нанотехнологии и синтетические наноматериалы.

Таким образом, сегодня можно эволюционно провести *историческую периодизацию развития материаловедения по разновидностям используемых человеком материалов (каменный век, бронзовый и т.д.) в плане их происхождения, а точнее, по уровню техногенного воздействия человека на имеющиеся в природе вещества* (изменение их внешней формы под воздействием механического воздействия и далее внутренней физической и, наконец, химической структуры) с целью получения материалов с комплексом заданных свойств различного функционального назначения. Наш век – это век не только *природных* (с отсутствием или минимальным физическим – механическим воздействием человека) и *искусственных материалов; это век природных, искусственных и синтетических материалов.*

В заключительной главе учебника мы обобщим результаты исторического развития материаловедения к началу XXI в. При этом крайне важно оценить изменение номенклатуры материалов, которые использовались на практике людьми в разные исторические периоды. Это напрямую связано с прогрессом науки и технологий в истории развития человечества.

### **1.1. Краткая характеристика этапов развития материаловедения**

Наука о материалах имеет глубочайшую историю развития. Истоком ее служат первые истинные познания материалов в древности.

Возникновение технологий и каждый этап их развития всегда были обусловлены производством, практикой. В свою очередь, развитие производства являлось следствием возрастающих потребностей общества в материалах. Некоторые исследователи выделяют *три основных по своей продолжительности не равных этапа в ее истории.*

**Первый (древний) этап** охватывает наиболее длительный период. При необходимости в нем можно выделить соответствующие подпериоды, например, *древнейшие и древние времена, средние и поздние века.* Имеется достаточно оснований утверждать, что исходным моментом для становления науки о материалах и технологиях в классическом смысле явилось получение первого искусственного материала типа керамики путем сознательного изменения структуры глины при ее нагревании и обжиге. Ведь обработка камня в наконечник копья или высечение из него искр для получения огня – тоже технологии, но более примитивного уровня.

Исследования раскопок показывают, что предки улучшали качество изделий вначале подбором глин, затем с помощью изменения режима нагревания и обжига на открытом огне, а позже – в примитивных специальных печах. Со временем чрезмерную пористость изделий научились уменьшать глазурированием.

С течением значительного времени человечество познало самородные, а затем и рудные металлы, крепость и жесткость которых были известны уже с VIII тысячелетия до н.э. Холоднокованая самородная медь была вытеснена медью, выплавленной из руд, которые встречались в природе чаще и в больших количествах. В дальнейшем к меди стали добавлять и другие металлы, так что в III тысячелетии до н.э. научились изготавливать и использовать бронзу как сплав меди с оловом, а также обрабатывать благородные металлы, уже широко известные к тому времени. Масштабы использования металлов возрастали, и человечество вступило из «бронзового века» в «железный», поскольку железные руды оказались доступнее медных. В I тысячелетии до н.э. преобладало железо, которое научились соединять с углеродом при кузнечной обработке в присутствии древесного угля. Пока точно не установлено, когда началось применение термической обработки стали, но все же известно, что в IX и VIII вв. до н.э. жители Луристана (территория западного Ирана) использовали ее в быту и технике.

Сознательное создание новых керамических и металлических материалов и изделий было обусловлено определенным прогрессом производства. Возрастала необходимость в более глубоком понимании свойств материалов, особенно прочности, ковкости и других качественных характеристик, а также способов возможного изменения их. К этому времени уже достаточно развито мореплавание, ирригация, постройка пирамид, храмов, укрепление грунтовых дорог и т.д. Притом пополнились новыми сведениями и фактами теоретические представления о материалах.

Первыми и наиболее правдоподобными суждениями о сущности качества материалов и о слагающих частицах вещества были суждения древнегреческих философов Демокрита (460-370 гг. до н.э.) и Эпикура (341–270 гг. до н.э.). Их учения об атомизме возникли под влиянием наблюдений за состоянием и свойствами природных камней, керамики, бронзы и стали. Примерно к тому же времени относится и философия древнегреческого ученого Аристотеля, который установил 18 качеств материалов: плавкость – неплавкость, вязкость – хрупкость, горючесть – негорючесть и т.п. Три известных состояния вещества (твердое, жидкое и газообразное) и отношение их к энергии выражалось Аристотелем

четырьмя элементами: землей, водой, воздухом и огнем, что с позиций физики являлось определенным достижением. Римский философ Тит Лукреций Кар (99–55 гг. до н.э.) в дидактической поэме «О природе вещей» излагал свои суждения о природе свойств материалов: «...что, наконец, представляется нам затверделым и плотным, то состоять из начал крючковых должно непременно, сцепленных между собой наподобие веток сплетенных. В этом разряде вещей, занимая в нем первое место, будут алмазы стоять, что ударов совсем не боятся, далее – твердый камень и железа могучего крепость, так же как стойкая медь, что звенит при ударах в засовы...».

*Для древнего периода материаловедения весьма характерна нерасчлененность (подобно натурфилософскому этапу развития знания) ее по отдельным видам строительных материалов.* В значительной мере в ней прослеживается общая взаимосвязь между качеством материалов и их атомистическим составом, хотя, естественно, до подлинных научных химических знаний о составе и свойствах было еще весьма далеко. Теория строилась в основном на догадках, интуициях, хотя были и удивительные решения, например, в III в. до н.э. уже умели придавать строительным растворам гидравлические свойства, т.е. способность к их твердению в водной среде с помощью природных добавок. Этим же специалисты занимаются до сих пор.

К первому периоду относится и Средневековье с характерной для него алхимией. Именно в этот период Парацельс заменяет четыре элемента Аристотеля тремя своими – солью, серой и ртутью, что можно расценить как интуитивное предсказание роли межатомных связей в формировании свойств веществ. К этому периоду относится и учение Декарта (1596–1650 гг.) о том, что природа представляет собой непрерывную совокупность материальных частиц, что движение материального мира вечно и сводится к перемещению мельчайших частиц – *атомов*. Перемещение атомов или, как их тогда называли, *корпускул*, составляло основу корпускулярной теории строения вещества, что было значительным достижением в области познания составов, внутренних взаимодействий и свойств веществ. Исследования, связанные с изучением внутреннего строения (структуры) материалов, развивались медленнее, хотя у философов античного периода, как отмечалось выше, были и теории, и некоторые опытные данные. Среди наиболее выдающихся работ следует назвать публикацию Реомюра (1683–1757 гг.) о структуре (в современной терминологии – о микроструктуре) железа и ее изменениях. Опыты завершились получением нового материала – ковкого чугуна.

В первых книгах по материаловедению Бирингуччо (1480–1539 гг.) и Агриколы (1494–1555 гг.) суммировались эмпирические сведения о сущности операций, выполняемых в литейном и кузнечном производствах, о плавлении руд и характере металлургического производства. Следует отметить, что к периоду Средневековья относится также учреждение в Москве в 1584 г. «Каменного приказа» о камне, кирпиче и извести в связи с применением их в строительстве, который сыграл положительную роль.

Большой вклад в развитие науки о материалах был внесен гениальными русскими учеными М.В. Ломоносовым и Д.И. Менделеевым.

М.В. Ломоносов (1711–1765 гг.) заложил основы передовой русской философии и науки, особенно в области химии, физики, геологии. Он явился основоположником курса физической химии и химической атомистики, обосновывающей атомно-молекулярное строение вещества. В 1752 г. им было написано «Введение в истинную физическую химию». Касаясь распространенной в тот период корпускулярной теории, М.В. Ломоносов отмечал, что корпускулы – это мельчайшие частицы, ввел представление о молекулах и их отличии от атомов. А относительно еще более распространенного тогда учения о флогистоне, выделяющемся, якобы, при прокаливании металлов и горении веществ (под которым мы сегодня можем понимать переход определенной части вещественной формы материи в полевою или энергию), он не только отверг такое учение о таинственном «веществе огня», но и дал научное объяснение химическим явлениям, протекающим при таких воздействиях огня. *Кроме того, М.В. Ломоносов первым написал книгу на русском языке по металлургии, разработал составы цветных стекол и способ изготовления мозаичных панно из них, высказал гипотезу о происхождении янтаря и др.*

Д.И. Менделеев (1834–1907 гг.) открыл важнейшую закономерность природы – периодический закон, в соответствии с которым свойства элементов находятся в периодической зависимости от величины их атомной массы. В его книге «Основы химии» описано, в частности, атомно-молекулярное строение вещества. Д.И. Менделееву принадлежит и публикация по основам стекольного производства.

Для первого этапа становления и развития материаловедения, который, как отмечалось, начался с глубокой древности и продолжался до начала второй половины XIX в., характерно сравнительно ограниченное количество разновидностей материалов и опытных данных по их качественным характеристикам. Однако великие ученые и философы тех времен с помощью интуиции и логики, гипотез и теорий, а несколько

позже с привлечением новых знаний в физике и открытий в химии и физической химии (последняя свое поступательное развитие начала с работ М.В. Ломоносова) сумели дать достаточно полное представление о составе веществ, внутренних взаимодействиях мельчайших частиц и свойствах. Были установлены некоторые общие зависимости свойств веществ, особенно механических, от их состава. *Менее изученной оставалась зависимость свойств от структуры, хотя еще в 1665 г. английский ученый Роберт Гук выявил у металлов типичную кристаллическую структуру, т.е. за 20 лет до открытия микроструктуры стали под микроскопом английским ученым Генри Сорби.*

**Второй (промышленный – индустриальный) этап** развития материаловедения условно начался со второй половины XIX в. и закончился в первой половине XX в. Важнейшим показателем этого этапа явилось массовое промышленное производство различных искусственных и синтетических материалов и изделий, непосредственно связанное с интенсификацией строительства промышленных и жилых зданий, общим прогрессом промышленных отраслей, электрификацией, введением новых гидротехнических сооружений и т.п. Характерным является также конкретное изучение состава и качества производимых материалов, изыскание наилучших видов сырья и технологических способов его переработки, методов оценки свойств материалов со стандартизацией необходимых критериев совершенствования практики изготовления продукции на всех стадиях технологии.

Второй этап отличается сравнительно быстрым ростом производства новых материалов, ранее отсутствовавших в номенклатуре. Достижения науки о материалах в нашей стране принадлежат основоположникам крупнейших научных школ (Ф.Ю. Левинсону-Лессингу, Е.С. Федорову, В.А. Обручеву, А.И. Ферсману, Н.А. Белелюбскому), занимавшихся исследованием минералов и месторождений природных каменных материалов (горных пород). В результате материаловедение обогатилось данными петрографии и минералогии при характеристике минерального сырья, используемого после механической переработки либо в сочетании с химической переработкой в виде готовой продукции – природного камня штучного и в рыхлом состоянии, керамики, вяжущих веществ, стекла и др. С той же целью начали применять побочные продукты производств – шлаки, золы, древесные отходы и пр.

В номенклатуре материалов, кроме применявшихся на первом этапе камня немолотого или грубоколотого, меди, бронзы, железа и стали, керамики, стекла, отдельных вяжущих, например, гипса, извести,

появились новые цементы, и начался массовый выпуск портландцемента, открытого Е. Челиевым в начале XIX в. В разработке новых для того времени минеральных вяжущих материалов участвовали А.Р. Шуляченко, И.Г. Малюга, А.А. Байков, В.Н. Юнг, Н.Н. Лямкин и другие ученые. Улучшилось качество и издревле известных извести и гипса. Так, И.В. Смирнов предложил использовать в строительстве молотую негашеную известь, в то время как в течение двух тысячелетий известь применялась после ее гашения водой; И.А. Передерий предложил высокопрочный гипс; А.В. Волженский при участии А.В. Ферронской – гипсоцементное пуццолановое вяжущее; П.П. Будников – ангидритовый цемент и др.

Быстро развивалось производство цементных бетонов различного назначения; сформировалась специальная наука о бетонах – бетоноведение. В 1895 г. И.Г. Малюга издал первый в нашей стране труд «Состав и способы приготовления цементного раствора (бетона) для получения наибольшей крепости». Он впервые вывел формулу прочности бетона и сформулировал так называемый закон водоцементного отношения. Несколько раньше французский ученый Фере предложил формулу прочности цементного камня (и бетона). В 1918 г. была установлена прочность бетона Абрамсом (США), уточненная Н.М. Беляевым, что послужило исходной позицией для разработки метода подбора (проектирования) состава плотного и высокопрочного бетона. Появилась и формула прочности Болемея (Швейцария), уточненная Б.Г. Скрамтаевым применительно к отечественным исходным компонентам.

Аналогичный процесс обновления и интенсификации производства с одновременным развитием соответствующих наук на этом этапе произошел и в отношении многих других материалов. Так, например, на основе извести и портландцемента осуществлялся массовый выпуск разновидностей смешанных цементов и вяжущих веществ. Последующие исследования Н.М. Беляева, И.П. Александрина, Б.Г. Скрамтаева, Н.С. Завриева и других ученых способствовали существенному повышению качества бетона с уточнением ранее полученных зависимостей его прочности (Абрамсом, Болемеем). К этому же времени Н.А. Попов разработал научные основы технологии легких бетонов и строительных растворов, объемы применения которых быстро возрастали, особенно в жилищном строительстве. Были предложены новые разновидности искусственных заполнителей для легких бетонов – керамические, шлаковые и др.

В конце XIX в. формируется технология изготовления железобетона, и получает развитие наука о железобетоне. Этот высокопрочный материал был предложен французскими учеными Ламбо и Ковалье, садовником Монье (1850–1870 гг.). В России А. Шиллер, а затем в 1881 г. Н.А. Белелюбский провели успешные испытания конструкций из железобетона, а в 1911 г. были изданы первые технические условия и нормы для железобетонных конструкций и сооружений. Особого внимания заслужили безбалочные железобетонные междуэтажные перекрытия, разработанные в Москве А.Ф. Лолейтом (1905 г.). В конце XIX в. после успешных исследований внедрен в строительство предварительно напряженный железобетон. В 1886 г. П. Джексон, Деринг, Мандель, Фрейсине взяли патент на его применение и развили этот метод. Массовое производство преднапряженных конструкций началось несколько позже, а в нашей стране – на третьем этапе развития материаловедения. К этому периоду относится внедрение и сборного железобетона. Развивались научные концепции производства многих других материалов. Уровень познания поднялся так, что в цементной, полимерной, стекольной и некоторых других отраслях разрыв во времени между окончанием научной разработки и внедрением ее в производство становился весьма малым, т.е. наука превращалась в непосредственную производительную силу.

В нашей стране, как и в других развитых странах, создавались отраслевые научные институты – НИИцемент, НИИжелезобетон, НИИстройполимер, НИИасбестоцемент, НИИкерамика, НИИминерального сырья и др. Периодически собирались национальные и международные конгрессы по проблемам дальнейшего совершенствования технологий и повышения качества традиционных и новых материалов. В них остро нуждалось жилищное, промышленное, гражданское, дорожное, гидротехническое, сельскохозяйственное и другие виды строительства.

*Развитие практики на этом этапе в материаловедении было в известной мере гипертрофировано по сравнению с теорией. Раскрытие теоретических принципов и общих закономерностей сдерживалось необходимостью быстрого решения проблемы интенсификации производства материалов и изделий для удовлетворения острой нужды в них в этот трудный период времени.*

*Гипертрофирование практики выразилось, в частности, в том, что фундаментальная наука о материалах именовалась как строительное материаловедение с достаточно подробным описанием производимых материалов и изделий, но, как правило, вне связи между собой. Под этим названием издавались учебники для студентов высших и средних*



специальных учебных заведений. Одним из первых массовым тиражом в 1896 г. вышел в свет учебник В.В. Эвальда, переиздававшийся затем 14 раз под названием «Строительные материалы, их изготовление, свойства и испытания». Далее следовали аналогичные учебники «Строительные материалы», подготовленные В.А. Киндом и С.Д. Окороковым (1934 г.), Б.Г. Скрамтаевым, Н.А. Поповым и др. (1950 г.), В.А. Воробьевым (1952 г.), А.Г. Комаром (1967 г.), а также другими авторами с неоднократным их переизданием. Несомненно, эта учебно-методическая литература сыграла и продолжает играть свою роль главнейших систематизированных пособий в изучении научной практики производства материалов и изделий, научных основ их качества и широкого применения в строительстве.

**Третий (современный или постиндустриальный) этап** охватывает период со второй половины XX в. до настоящего времени. Он характеризуется, во-первых, процессом дальнейшего расширения производства материалов и углублением соответствующих им специализированных наук и, во-вторых, интеграцией научных знаний о материалах и изделиях в их сложной совокупности.

В этот период расширение производства материалов вызывалось по-прежнему необходимостью восстановления жилищного и промышленного фонда после Второй мировой войны. Строительство было переведено на индустриальные способы, в частности, путем заводского изготовления изделий из железобетона, конвейеризации производства сборного бетона и железобетона. Если в 1950 г. в нашей стране было изготовлено 1,3 млн м<sup>3</sup> сборного железобетона в виде панелей и блоков, то в 1960 г. – 30,2 млн м<sup>3</sup>, в 1970 г. – 84,6 млн м<sup>3</sup>, в 1980 г. – 122 млн м<sup>3</sup>, в 1985 г. – 151,0 млн м<sup>3</sup>, из которых почти 30 млн м<sup>3</sup> – предварительно напряженных сборных железобетонных конструкций. Увеличивались объемы выпуска изделий и конструкций из легких и ячеистых бетонов (в 1985 г. – 25 млн м<sup>3</sup>). Соответственно, быстро возрастала мощность цементной промышленности. Если в 1950 г. выпуск цемента составил 10,2 млн м<sup>3</sup>, то в 1960 г. – 45,5 млн м<sup>3</sup>, в 1970 г. – 96 млн м<sup>3</sup>, в 1980 г. – 125 млн м<sup>3</sup>, а в 1985 г. – 131 млн м<sup>3</sup>. Количество разновидностей цемента составило 30. Высокий уровень развития этой промышленности был также и во многих других странах. Керамическое производство стало высоко-механизированной и автоматизированной отраслью в промышленности строительных материалов. Например, годовая производительность одной технологической линии составляла на заводах до 30 млн шт. стандартного кирпича. Были внедрены поточно-конвейерные линии с годовой

производительностью до 1 млн облицовочных керамических плиток и до 800 тыс. м<sup>3</sup> плиток для полов. В стекольной промышленности выпуск листового стекла также быстро увеличивался: в 1950 г. – 77 млн м<sup>2</sup>, в 1960 г. – 147, в 1970 г. – 231, в 1980 г. – 245 млн м<sup>2</sup>. Действовали механизированные линии по изготовлению стеклопрофилита.

Ежегодно нарастал объем выпуска полимерных органических (углеродных) материалов повышенной термостойкости, прочности и негорючести, долговечности и стабильности и многих других строительных материалов и изделий. Рост производства сопровождался развитием и специализированных наук, их прогрессом.

Существенный вклад в развитие специализированных направлений науки о материалах и изделиях, а также в совершенствование их производства и повышение качества в нашей стране внесли П.П. Будников, П.И. Боженков, И.И. Берней, Ю.М. Баженов, А.В. Волженский, И.Н. Ахвердов, В.А. Воробьев, Г.И. Горчаков, В.Д. Глуховский, И.А. Иванов, Г.И. Книгина, В.Г. Микульский, В.В. Михайлов, В.М. Москвин, Л.М. Перелыгин, И.А. Рыбьев, П.В. Сахаров, П.Н. Соколов, В.В. Тимашев, А.Я. Тихонов, И.М. Френкель, А.Е. Шейкин, С.В. Шестоперов, М.И. Хигерович, В.М. Хрулев, В.И. Харчевников и др. Большой научный и практический вклад на современном этапе материаловедения внесли многие зарубежные специалисты.

Процесс специализации наук о материалах продолжался. Возникли стыковые области познания комплексных материалов, например, полимерцементных, силикатопolyмерных, шлакокерамических и многих других. Это существенно обогащало практику материаловедения, отрасли промышленности строительных материалов и изделий.

*Третий этап развития материаловедения характеризовался не только развитием практики, но и теории, систематизацией теоретических знаний о материалах в их сложной совокупности и взаимосвязи. Были установлены общие закономерности в свойствах искусственных и природных материалов оптимальной структуры, общие научные принципы в технологиях различных материалов, общие методы оптимизации их структуры, обобщенные критерии (качественные и количественные) прогрессивных технологий и др.*

Первые обобщения в науке о материалах выразились в разработке Д.С. Белянкиным (1876–1953 гг.) технической петрографии с получением огнеупоров, абразивов и некоторых других искусственных камней. Новым импульсом развития материаловедческой науки на третьем этапе стала физико-химическая механика – пограничная наука между

физической химией и механикой, разработанная П.А. Ребиндером при участии большой группы ученых, отмеченных АН СССР: Н.А. Попова, А.Н. Попова, Г.И. Логгинова, М.П. Воларовича, Н.Н. Иванова, И.А. Рыбьева, К.Ф. Жигача, Д.М. Толстого, Г.Д. Диброва, Б.В. Веденева, Е.Е. Сигаловой, Л.А. Казаровицкого, Л.П. Орендлихер и др. В этой области науки показаны основы управления технологическими процессами получения различных строительных и конструкционных материалов с заданными свойствами, высокой надежностью и долговечностью, определены условия эффективного дробления и тонкого измельчения, резания и механической обработки твердых тел с учетом воздействия окружающей среды. Направленностью к обобщениям и интеграции в науке о материалах отличаются исследования О.П. Мчедлова-Петросяна, П.И. Боженова, А.В. Нехорошева, П.Г. Комохова, В.И. Соломатова, В.И. Харчевникова и др.

В начале второй половины XX в. возникла и получила последующее развитие теория искусственных строительных конгломератов как «важнейший компонент современного строительного материаловедения». Она была разработана И.А. Рыбьевым и его научной школой. В ней изложены: сущность теоретической технологии; научные принципы формирования оптимальных структур, при которых материалы становятся подобными между собой экстремальными значениями структурочувствительных свойств; общие и притом объективные (т.е. встречающиеся в природе, например, у горных пород, древесины) закономерности изменения свойств (закон створа, закон конгруэнции, закон прочности и некоторых других свойств) в математических выражениях; основные аспекты долговечности материалов; теория методов (методология) научного исследования и технического контроля качества и т.п.

Третий этап, присутствующий в науках в виде основ материалистического мировоззрения, имеется, естественно, и в данной науке о материалах. Здесь он отличается от других компонентов (практики и теории) не только своей философской направленностью, выражающейся в научно-абстрактных законах этой фундаментальной науки, но и специфическими тенденциями ее развития: углубление дифференцированных знаний о каждом материале и синтез научных знаний о материалах в их сложном и систематизированном единстве. В этом единстве обеих тенденций заключена одна из эффективных внутренних сил поступательного развития материаловедения с разработкой и доказательством новых гипотез и закономерностей, с прогнозированием будущих успехов в теории и практике.

## **1.2. Достижения отечественной науки, техники и промышленности в области материалов**

В России производство материалов возникло в далеком прошлом. Уже в глубокой древности наши предки умели изготавливать глиняный кирпич, воздушную и гидравлическую известь, широко использовали древесину и природный камень.

В царствовании Ивана Грозного для систематизации накопившегося за столетия опыта был издан «Приказ каменных дел», который руководил государственным производством строительных материалов и строительством главным образом крепостных сооружений.

В последующие годы это производство развивалось небыстрыми темпами, и подъем наблюдается только при Петре I, который в связи с закладкой новых городов и крепостей поощрял производство строительных материалов.

Отмена крепостного права и начало развития капитализма в России послужили мощным толчком для роста промышленности, в том числе производства материалов. Со второй половины XIX в. стали строиться заводы портландцемента, механизированные печи для обжига известняка, заводы для выпуска кирпича, облицовочной плитки, начинает применяться железобетон.

В начале XX в. Россия становится не только богатой аграрной, но и довольно мощной индустриальной державой. Построены крупные металлургические и машиностроительные предприятия, шахты, железные дороги, порты, мосты и т.п. Нарастает жилищный бум, только в Москве к 1913 г. ежегодно строилось до 3 тыс. 5–7-этажных кирпичных, так называемых доходных домов, что требовало весьма развитой строительной базы. Однако развитие страны было на подъеме остановлено Первой мировой войной, затем революциями и гражданской войной. Производство строительных материалов резко снизилось, многие цементные заводы и другие предприятия были разрушены.

С середины 20-х годов развернулась реконструкция старых и постройка новых заводов строительных материалов. В 30-е годы были созданы новые материалы – пустотелый и высокопрочный кирпич, шлаковые цементы, цементы с активными минеральными добавками, легкие бетоны, сборные железобетонные конструкции и пр. Потребность в материалах росла, так как повсеместно строились промышленные предприятия.

Война с Германией (1941–1945 гг.) привела к опустошительному разрушению западной части страны, после чего длился долгий восстановительный период. Задача заключалась не в создании архитектурных шедевров, а в строительстве самого необходимого и в сжатые сроки.

Начиная с 50-х годов в стране постоянно увеличивался выпуск строительных материалов. К 80-м годам по производству цемента, металла, сборного железобетона, асбоцемента, листового стекла СССР намного опередил другие страны. Однако существовавшие экономическая и политическая системы жесткого государственного монополизма стали «тормозом» и в строительной индустрии.

Большинство предприятий строительной индустрии пока еще не могли конкурировать на мировом рынке с зарубежными фирмами в силу изношенности оборудования, устаревшей технологии, низкой культуры производства и качества продукции. Большинство современных технологий, оборудование и материалы приходилось закупать за границей. Лучшие здания стали возводиться зарубежными фирмами, вплоть до привлечения иностранных рабочих. Отечественные архитекторы, выигрывая престижные международные конкурсы, приглашались в другие страны, так как у России не было возможности реализовать их проекты. Строительный комплекс в целом требовал значительной модернизации и вовлечения в общемировую интеграцию.

Тем не менее, за прошедшие десятилетия построены новые города, возведены уникальные объекты, такие как гидротехнические сооружения, промышленные предприятия, атомные электростанции, научные, учебные и общественные центры. В последние годы строительная отрасль не теряет своих темпов развития. Отечественная наука играла и играет важную роль в развитии строительных материалов. Созданные нашими учеными технологии производства цемента, металла, бетона, керамики, теплоизоляционных материалов, заводского домостроения используют многие страны.

*Ниже кратко изложены сведения о достижениях российских ученых, заложивших научные основы в ведущих отраслях производства строительных материалов и получивших международное признание.*

### ***Природные каменные материалы***

Целенаправленная разведка каменных материалов и испытание их началось в России с 70-х годов прошлого столетия в связи со строительством железных дорог и мостов. Исследования свойств материалов велись под руководством Н.А. Белелюбского (1845–1922 гг.)

в Петербургском институте и Н.К. Лахтина (1861–1935 гг.) в Москве. Благодаря исследованиям Д.С. Белянкина (1876–1953 гг.), В.А. Обручева (1863–1956 гг.), А.Е. Ферсмана (1883–1945 гг.), Ф.Ю. Левинсон-Лессинга (1861–1939 гг.) удалось выявить огромные запасы природных каменных материалов во многих районах страны для удовлетворения нужд строительства и полностью прекратить ввоз гранита и мрамора из-за границы.

Основоположником теории и практики промышленного производства портландцемента является профессор военно-инженерной академии А.Р. Шуляченко (1841–1903 гг.), которого называют «отцом русского цементного производства». Вначале в России применялись иностранные цементы, но благодаря научным и практическим изысканиям А.Р. Шуляченко отечественные цементы, достигшие высокого качества, вытеснили импортные. Разработанная им теория твердения гидравлической извести и цементов не потеряла актуальности в своей основе и до настоящего времени. Дальнейшее развитие этой теории принадлежит А.А. Байкову (1870–1946 гг.), В.А. Кинду (1883–1938 гг.), В.Н. Юнгу (1882–1956 гг.), П.А. Ребиндеру (1898–1972 гг.). Новым видам вяжущих материалов и изделиям из них посвящены работы П.П. Буднякова (1885–1968 гг.), А.В. Волженского (1899–1993 гг.), П.И. Боженова (1904–1999 гг.).

Выдающийся вклад в научную технологию бетона внес профессор военно-инженерной академии И.Г. Малюга (1853–1933 гг.). Результаты его исследований выявили зависимость прочности бетона от содержания воды, трамбования при укладке бетонной смеси, крупности песка, щебня и гравия.

Обширные исследования бетонов были проведены Н.М. Беляевым (1890–1944 гг.), И.П. Александровым (1888–1953 гг.). С 30-х годов предложены новые способы расчета тяжелых бетонов Б.Г. Скрамтаевым (1905–1966 гг.) и легких бетонов Н.А. Поповым (1899–1964 гг.).

### ***Железобетон***

Большая заслуга в развитии железобетона принадлежит Н.А. Белелюбскому (1845–1922 гг.), под руководством которого были проведены первые в России испытания железобетонных конструкций и возведен ряд сооружений. В начале XX столетия железобетонные конструкции проектировали и строили С.И. Дружинин (1872–1935 гг.), А.Ф. Лолейт (1868–1933 гг.) и др.

Современную школу расчета и проектирования железобетонных конструкций создали А.А. Гвоздев (1897–1986 гг.), П.Л. Щетернак (1885–1963 гг.), В.И. Мурашев (1904–1959 гг.), Н.В. Никитин (1907–1973 гг.) – автор Останкинской телевизионной башни в Москве и др.

### *Металлы*

Различные способы получения стали были известны в нашей стране с древнейших времен. Археологические раскопки показывают, что уже в VIII–IX вв. железные и стальные изделия были весьма распространены на Руси. Древнерусские кузнецы владели сложной технологией приварки стальных лезвий к железному обушку, цементацией стали, приемами ее термической обработки.

Искусство «приготовления» стали, пришедшее в упадок в период татарского нашествия, вновь возрождается в XVII в. В XVIII в. уже известны попытки получения и литой стали на ряде тульских и уральских заводов. В 1783 г. по распоряжению правительства в округе Екатеринбургских заводов строится Пышминская фабрика, предназначенная специально «для дела плавленной стали».

Первая четверть XIX в. ознаменовалась дальнейшим расширением производства стали. Ее получали уже на многих заводах Урала – Каменском, Нижне-Тагильском, Верхне-Исетском, Невьянском, Алапаевском, Каслинском, Боткинском, Ижевском, Златоустовском и других.

Ряд мастеров добился замечательных результатов в деле получения добротной стали. Среди них выделялся талантливый мастер Камско-Воткинского завода С.И. Бадаев. Бадаевская сталь изготовлялась путем цементации железа в специальных печах и применялась для изготовления инструментов.

Однако, несмотря на некоторое расширение, производство стали носило кустарный характер и по-прежнему «секрет» его являлся достоянием лишь отдельных мастеров. В то же время основной способ получения стали путем передела в кричных горнах чугуна в сырцовую сталь с последующим очищением последней от шлака не мог уже обеспечить дальнейшего повышения ее качества.

Весь ход развития металлургии настойчиво требовал обобщения многовекового опыта и научного объяснения полученных результатов для разработки новых, более совершенных способов получения стали с высокими механическими свойствами.

Попытки ряда известных металлургов (Геннина, Перси, Шлаттера, Ринмана) в этом направлении не привели к существенным результатам. Их сочинения носили описательный характер и не вскрывали существа металлургических процессов с научной точки зрения.

Первым, широко применившим в металлургии стали метод строго научного анализа и научного толкования процессов производства, был Павел Петрович Аносов. Именно метод научного анализа позволил ему правильно оценить значение закалки для повышения качества стальных изделий.

Пользуясь этим методом, П.П. Аносов успешно решает и другую весьма важную задачу выяснения влияния способа получения стали на ее качества.

П.П. Аносов разработал технологию выплавки высококачественной стали, установил зависимость свойств металлов от их кристаллического строения, впервые применив микроскоп для изучения строения стали.

Замечательные мысли, заложенные в трудах П.П. Аносова, нашли дальнейшее развитие в творчестве выдающихся русских и советских металлургов. Крупнейшие металлурги нашей страны прошли аносовскую производственно-техническую школу, работая на Златоустовском заводе. К их числу относятся: Лавров, Калакуцкий, Износков, Обухов. Под влиянием идей П.П. Аносова начинала развиваться производственная и научная деятельность «отца металлографии» Д.К. Чернова. Д.К. Чернов научно объяснил нагрев и охлаждение металлов, указал способы управления этими процессами.

После Великой Октябрьской социалистической революции с развитием производства качественных сталей в нашей стране многие идеи П.П. Аносова были успешно использованы в заводской практике, однако начиная с 90-х годов XX в. открытия П.П. Аносова были преданы забвению, где и по сей день ждут того времени, когда вновь станут востребованы человечеством.

Последователи П.П. Аносова – Н.С. Курнаков (1860–1941 гг.) и А.А. Байков (1870–1946 гг.) – разработали современную теорию образования сплавов и методы их физико-химических исследований.

Создателями металлических конструкций и сооружений являются В.Г. Шухов (1853–1939 гг.), Н.С. Стрелецкий (1885–1967 гг.), Л.Д. Проскураков (1858–1926 гг.).

### *Полимеры*

Промышленность полимерных материалов опирается на открытия русских химиков. Огромное значение для развития синтеза сыграли



исследования А.М. Бутлерова (1828–1886 гг.) – творца теории химического строения органических веществ. Им осуществлен синтез изобутилена для производства полиизобутилена, применяемого в качестве каучуков, а также открыты основные полимерные формы формальдегида, являющегося основой многих пластмасс.

Важное значение имели исследования М.Г. Кучерова (1850–1911 гг.) и А.Е. Фаворского (1860–1945 гг.), выяснивших механизм изомерных превращений непредельных соединений; В.В. Солонина (1862–1934 гг.), впервые осуществившего реакцию сополимеризации; С.В. Лебедева (1874–1934 гг.), много давшего для теории и практики полимеризации этиленовых соединений, пользующихся большим распространением в промышленности пластмасс.

### *Строительные материалы*

*Виды материалов и их технологии получения изменялись в связи с развитием производительных сил и сменой производственных отношений в человеческом обществе.*

Простейшие материалы и примитивные технологии заменялись более совершенными, ручное изготовление материалов сменялось машинным. Расширялся и видоизменялся ассортимент материалов. Но некоторые виды материалов (например, кирпич, известь, лес, стекло и др.) применяются на протяжении многих эпох.

Для первобытных построек применялись простейшие материалы: глина, лоза, тростник, дерево и природный камень.

При постройке крупных сооружений (крепостей, дворцов, храмов, военных дорог и мостов) в рабовладельческом обществе широко использовались горные породы; их обрабатывали в виде камней и плит правильной формы (Урарту, Хорезм и др.). В тех районах, где природного камня было мало, употребляли высушенный (необожженный) кирпич из глины или речного ила. Для облицовки стен, сложенных из необожженного кирпича-сырца, позднее стали применять обожженные изделия из глины (кирпич и облицовочные плиты). Обжиг глиняных изделий, придающий им прочность и водонепроницаемость, применялся уже в глубокой древности; это одно из крупнейших изобретений человека. Вначале этот способ применялся для изготовления посуды, которую формовали с помощью каркаса, сплетенного из лозы, а затем, после появления формовочного круга, и без каркаса, а после этого обжигали.

Уже в VIII–VII вв. до н.э. получила распространение в качестве материала для кровель глиняная обожженная черепица, а в дальнейшем – терракота (облицовочные плиты) и кирпич – для стен. Вообще говоря, керамические изделия известны не менее 30 тыс. лет.

Для скрепления камней при возведении построек были необходимы вяжущие вещества. Первыми вяжущими веществами, появившимися в древности, были: глина, гипс, известь, а также асфальт. Все они, кроме асфальта, способны твердеть только на воздухе.

Затем для строительства фундаментов, водопроводов, портов и других гидротехнических сооружений потребовались вяжущие вещества, способные твердеть в воде. Таким простейшим вяжущим, применявшимся еще в древности на юге и в центре нашей страны, была смесь извести с толченым (молотым) слабообожженным кирпичом (так называемой цемянкой), а в древнеримском строительстве, кроме того, – смесь извести с вулканическим пеплом (пуццоланой).

Вяжущие вещества применялись в древнем строительстве не только для каменной кладки, но и для получения простейшего бетона. Из других строительных материалов в рабовладельческом обществе были известны стекло и краска.

В средние века раздробленность феодальных владений и удорожание рабочей силы заставляли отказываться от использования природного камня, на обработку которого затрачивалось много труда, и применять более дешевые и технологичные материалы, большое распространение получило производство кирпича и черепицы.

Развитие капитализма вызвало широкое промышленно-железнодорожное и военное строительство из материалов высокой прочности – появились строительные и броневые стали, был изобретен в 70-х годах XIX в. железобетон. Изобретению железобетона предшествовало создание ряда вяжущих веществ (гидравлическая известь, романцемент), твердеющих в воде и обладающих более высокой прочностью.

В начале XIX в. в России был изобретен и изготовлен цемент хорошего качества. Начиная с 60-х годов XIX в., после усовершенствования технологии и повышения прочности цемента, он становится основным вяжущим для изготовления бетона и железобетона.

В конце XIX в. и в начале XX в. получило развитие производство искусственных каменных материалов (силикатного кирпича, асбестоцемента, шлакобетона и др.), а также различных тепло- и гидроизоляционных материалов.

Грандиозное строительство, развернувшееся в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции, потребовало реконструкции старых и постройки новых заводов строительных материалов.

В годы пятилеток были введены в эксплуатацию сотни заводов строительных материалов, оснащенных новейшим, высокопроизводительным оборудованием. Созданы и применяются в строительстве новые, более экономичные материалы (пустотелый кирпич, шлаковые цементы, цементы с активными добавками, легкие бетоны и др.), значительно расширено производство местных материалов, не требующих дальних перевозок и удешевляющих строительство. Производство строительных материалов в СССР, по сравнению с дореволюционной Россией, возросло во много раз. Так, в 1952 г. было произведено, по сравнению с 1913 г., стали в 8,3 раза больше, цемента в 9 раз и т.д.

Для индустриального и скоростного строительства начали широко применять готовые строительные детали (железобетонные, металлические, деревянные, гипсовые, крупные шлакобетонные блоки), получаемые со специальных заводов. В связи с этим коренным образом поменялся характер строительства: здания или сооружения целиком или частично возводились из готовых деталей путем их сборки кранами. Это намного повысило производительность труда, удешевило строительство и ускорило его темпы. К тому же была создана новая отрасль промышленности – фабрично-заводское производство сборных жилых домов и стандартных деталей из дерева, гипса, асбестоцемента и других материалов; развернуто производство новых теплоизоляционных материалов – минеральной ваты и древесноволокнистых плит.

В последние годы получило развитие производство новых видов цемента, пустотелой облицовочной керамики, крупных панелей для перекрытий и стен зданий, а также других высококачественных и эффективных строительных деталей и изделий. Введены стандарты, в которых устанавливаются: форма, размеры, сорта, технические условия, правила приемки, методы испытания, а иногда и области применения данного материала. Восстановлен приоритет нашей страны в ряде областей, в том числе и в технологии строительных материалов, оставшейся ранее неизвестной или намеренно замалчивавшейся. Российские ученые и новаторы производства в области строительных материалов продолжают и развивают работы первого русского химика и технолога – великого ученого М.В. Ломоносова, а также знаменитого русского ученого в области химии и химической технологии Д.И. Менделеева, обогащают науку и технику новыми замечательными достижениями.

## 1.2.1. Природные материалы

### 1.2.1.1. Древесина

Вплоть до первой половины XIX в. древесина была традиционно главным строительным материалом. В России был построен целый ряд выдающихся инженерных сооружений из дерева, развивалось деревянное судостроение. В связи с этим придавалось большое значение разведению корабельного леса, разработке методов исследования его качества и способов сушки, изысканию средств и методов защиты древесины от гниения и порчи древооточцами.

Вопрос о прочности древесины различных пород также занимал видное место в связи с необходимостью замены ценного дуба. В 1732 г. воинской морской комиссией было внесено предложение о замене дуба лиственницей, которая по своей прочности и стойкости не уступала ему.

Необходимость найти средства и способы защиты древесины от гниения и древооточцев возникла в 1700 г. в связи с использованием древесины для судостроения. Первые опыты по антисептированию древесины (свай) были проделаны при Петре I. Различные способы антисептирования древесины начали широко применяться с 40-х годов XIX в. в железнодорожном строительстве и в службе связи. К этому же времени относятся и работы по изысканию рациональных способов сушки леса. К концу XIX в. эти вопросы приобрели первостепенное значение. В 1887 г. Русским техническим обществом была создана специальная комиссия по выработке технических условий на средства и способы защиты древесины от гниения. В работе этой комиссии и в проведении больших исследований приняли деятельное участие: профессор института инженеров путей сообщения Н.А. Белелюбский, профессор лесного института Д.Н. Кайгородов и др.

После Великой Октябрьской социалистической революции наука о лесе и лесных материалах получила широкое развитие. В СССР были созданы десятки крупнейших научных учреждений по вопросам лесоразведения и обработки леса.

Широко применяя достижения выдающихся русских ученых В.В. Докучаева, И.П. Бородина, Г.Ф. Морозова, И.В. Мичурина и Т.Д. Лысенко, академик В.Н. Сукачев (Институт леса Академии наук СССР) вывел путем селекции и скрещивания около двадцати быстрорастущих древесных пород. Всесоюзным институтом лесного хозяйства были выведены скороспелые сорта дуба, тополя, вяза,

маньчжурского ореха и др. Киевский лесохозяйственный институт разработал метод ускоренного выращивания бессучковой сосны (с поверхности ствола молодого деревца удаляют боковые почки).

Советскими учеными была создана новая отрасль науки – древесиноведение (лауреат Сталинской премии профессор С.И. Ванин), разработана теория сушки древесины (профессор Н.Н. Чулицкий и др.), созданы новые типы деревянных инженерных сооружений и методы конструктивной защиты древесины от гниения (профессор Г.Г. Карлсен и др.), химической защиты древесины от гниения и повышения ее огнестойкости.

Нашими учеными получены специальные клеи и новые виды клееных дощатых и фанерных конструкций значительно более легких, экономичных и промышленных, чем обычные деревянные конструкции. Советская наука о лесных материалах заслуженно занимала передовое место в мире.

### **1.2.1.2. Камень**

Масштабные разведки каменных строительных материалов и испытание их в России начались с 70-х годов XIX в. главным образом в связи

с постройкой железных и шоссейных дорог, продолжением строительства Петербурга и других центров. Ведущая роль в исследовании каменных и других материалов принадлежала механической лаборатории, организованной в 1853 г. в Петербурге при Институте инженеров путей сообщения. Это была первая в России лаборатория по испытанию строительных материалов. Ее деятельность приобрела особый размах с 1875 г., когда лабораторию возглавил профессор Н.А. Белелюбский.

Наряду со многими другими ценными работами Н.А. Белелюбского, большое значение имели его работы по исследованию морозостойкости каменных материалов. В 1886 г. на международной конференции по испытанию материалов был принят его метод испытания морозостойкости, по которому насыщенные водой образцы камней подвергаются многократному попеременному замораживанию и оттаиванию. Этот метод применяется и сейчас во всем мире.

В дальнейшем каменные материалы в России исследовали: профессор И.Г. Малюга в военно-инженерной академии в Петербурге, профессор Н.К. Лахтин в лаборатории училища живописи, ваяния и зодчества в Москве (теперь лаборатория Московского архитектурного института) и др. Но все же в царской России знание природных богатств

страны было крайне недостаточным. В силу этого считалось, например, что в стране нет хороших гранитов, и они зачастую ввозились из-за границы (из Швеции); мрамор ввозили из Италии.

Только при советской власти разведки полезных ископаемых и исследования каменных материалов получили должное развитие. Благодаря работе, проводимой Академией наук СССР, дорожно-исследовательскими и строительными институтами, а также трудам академиков Д.С. Белянкина, Ф.Ю. Левинсон-Лессинга, В.А. Обручева, А.Е. Ферсмана и других ученых теперь хорошо известны и используются наши богатейшие месторождения каменных материалов (гранитов, мраморов, известняков и др.). Из отечественных каменных материалов построен мавзолей Ленина и Сталина, ими украшены станции Московского метрополитена, из них возведены многие выдающиеся сооружения. С самого начала установления советской власти наша страна полностью избавилась от импорта каменных материалов, а добыча и применение отечественных каменных материалов все время расширялись.

Широко применялись в строительстве новые каменные (легкие и малотеплопроводные) материалы – туф, пемза и ракушечник. Хотя ценность этих материалов была известна еще в древности строителям Закавказья, и они частично применялись, но полностью изучить свойства указанных материалов и внедрить их в строительство удалось только советским ученым и инженерам.

*Я к гончару наведалься вчера,  
его искусство – дивная игра.  
Омар Хайям*

## **1.2.2. Искусственные материалы**

### **1.2.2.1. Керамика и силикатный кирпич**

По производству основного искусственного стенового строительного материала – кирпича – Советский Союз уже перед началом Великой Отечественной войны занимал первое место в мире (в 1940 г. в СССР было произведено 7 млрд кирпичей, а в США – только 5 млрд). Весь длинный путь технического развития кирпично-черепичной промышленности – от ручной формовки и сушки на полянках или под навесом

до современного, полностью механизированного производства, потребовавший за рубежом около столетия, – был пройден СССР за 30 лет. Это стало возможным благодаря индустриализации страны и широкому развитию научных исследований. Отечественными учеными были подробно изучены глины нашей страны (труды академика В.И. Вернадского, профессора П.А. Земятченского и др.). Это способствовало созданию сырьевой базы для производства кирпича и керамики.

Для роста кирпичной промышленности большое значение имело создание ленточных и других прессов отечественной конструкции. Это обеспечило массовую механизацию формовки кирпича-сырца.

Благодаря достижениям мастеров кирпичного производства – лауреатов Сталинской премии П.А. Дуванова, И.Я. Мазова, И.Г. Мукосова, И.Г. Картавцева и др. – значительно был ускорен срок сушки кирпича-сырца и его обжига в печах непрерывного действия. Таким образом, исследования советских ученых и работы инженеров позволили решить важнейший вопрос и перейти к круглогодичному производству кирпича на основе искусственной сушки сырца в специальных сушильных установках и выпуску кирпича на крупных заводах.

Промышленность СССР выпускала большое количество эффективного пустотелого и дырчатого кирпича, крупных керамических камней и облицовочных изделий, особенно необходимых для строительства высотных и многоэтажных зданий. Более дешевый силикатный кирпич (из извести и песка) выпускался в СССР также в большем количестве, чем в любой другой стране мира.

Важнейшие работы об искусственных каменных (силикатных) материалах принадлежат советским ученым: профессору Н.Н. Смиркову (изучение петрографии силикатного кирпича) и профессору А.В. Волженскому (теория гидротермической обработки строительных материалов в автоклавах). Если к тому же отметить ценные практические руководства по производству кирпича, то будет справедливым утверждать, что в теории и практике данной области Советский Союз точно стоял на первом месте в мире.

Советские специалисты значительно расширяли области производства и применения силикатных материалов; ими были разработаны способы получения ряда новых строительных материалов: облицовочные силикатные плиты, особо легкий материал – пеносиликат, созданный лауреатом Сталинской премии И.Т. Кудряшевым.

### 1.2.2.2. Вяжущие

Изобретение так называемого портландцемента, обладающего большей прочностью, чем известь, и способностью твердеть в воде и послужившего поэтому основой для железобетона, формально во всей мировой литературе приписывается английскому каменщику Джозефу Аспдину, получившему патент в конце 1824 г. Однако это неверно и объясняется незнанием и замалчиванием работ русских людей. Простейший цемент изготовлялся в России уже в XV в., а в 1817–1825 гг. в Москве начальник военно-рабочей команды Е.Г. Челиев изготовлял из искусственной смеси извести и глины, сильно обжигая ее и размалывая с добавкой гипса, цемент уже сравнительно высокого качества.

Е.Г. Челиев завершил свои работы опубликованием в 1825 г. книги, содержащей не только практические данные, но и научное обоснование способа изготовления цемента. Несомненно, что для производства и применения цемента в строительстве и создания книги потребовалось несколько лет. Следовательно, цемент был изготовлен в России до 1824 г., и приоритет его открытия принадлежит нашей стране.

Основоположителем теории и практики промышленного производства цемента в России был профессор Военно-инженерной академии А.Р. Шуляченко, являвшийся начальником кафедры химии и технологии строительных материалов (1864–1903 гг.).

На конференции в Военно-инженерной академии в 1903 г. так оценили заслуги профессора А.Р. Шуляченко: *«Он по справедливости может считаться отцом русского цементного производства, так как благодаря его энергии, практическим указаниям и руководству выделка русских портландцементов достигла такого совершенства, что почти вытеснила из России иностранные цементы, сохранив тем внутри страны не один десяток миллионов рублей, уходивших до того за границу на покупку английских, немецких и шведских фабрикатов»* («Инженерный журнал», 1904, № 1).

На той же конференции Академии отмечалось, что старейший в Петербургском районе завод портландцемента – «Глухо-озерский» – обязан своим основанием, развитием и успехами трудам А.Р. Шуляченко. По его указаниям был построен и оборудован и другой цементный завод в городе Вольске.

А.Р. Шуляченко принадлежит разработка основ теории твердения гидравлической извести и цемента. Борясь с ошибочными утверждениями французского ученого Ферми о свободном состоянии извести в обожженном цементе, профессор А.Р. Шуляченко создал свою теорию,



обосновывающую химическое связывание извести в процессе обжига цемента. Эту правильную теорию в дальнейшем развили крупнейшие советские ученые: академик А.А. Байков, профессора В.А. Кинд и В.Н. Юнг, профессора А.Е. Шейкин, Ю.М. Бутт и др.

Профессоры А.Р. Шуляченко, Н.А. Белелюбский и И.Г. Малюга разработали в 1881 г. первые технические условия на цемент, а также классификацию вяжущих веществ.

А.Р. Шуляченко, А.А. Байков, Н.Н. Лямин и В.И. Чарномский исследовали стойкость бетона в морской воде, изучили вопрос о введении активных кремнеземистых добавок в цемент и открыли в России эти добавки, не уступающие по своим качествам итальянским пуццоланам и немецким трасам. Тем самым наша страна была освобождена от импорта добавок к цементу. Вопрос о стойких в морской воде цементах и бетонах полностью решен советскими учеными. Благодаря работам профессора В.Н. Юнга был найден соответствующий состав цемента – это высокосиликатный цемент с малым содержанием трехкальциевого алюмината, предложенный у нас намного раньше американского, так называемого сульфатостойкого цемента.

Советские ученые (А.А. Байков, С.И. Дружинин, В.А. Кинд, В.Н. Юнг и др.) полностью решили вопрос о создании цемента с активными кремнеземистыми добавками, так называемого пуццоланового портландцемента, используемого в основном в гидротехническом строительстве. По производству этого цемента Советский Союз занял первое место в мире.

Необходимо особо отметить работы академика А.А. Байкова по созданию теории твердения вяжущих веществ: цемента и гипса. Его теория, базирующаяся на точных физико-химических представлениях об образовании сначала насыщенных, а затем пересыщенных растворов и выделении из них новообразований в коллоид и в дальнейшем в мелкокристаллическом состоянии, является основой науки о вяжущих веществах.

Собственно, благодаря работам советских ученых (профессора В.А. Кинда, лауреата Сталинской премии профессора В.Н. Юнга, члена Академии наук УССР П.П. Будникова и других передовых инженеров и мастеров) советская технология цемента достигла высокого развития.

Качество цемента (характеризуемое прочностью при сжатии) повысилось за годы советской власти в 2–4 раза. Появились новые виды цементов: цемент с активными минеральными добавками, кислотоупорный цемент, белый цемент, сульфатостойкий, гидрофобный и пластифицированный цементы, расширяющиеся цементы, сульфатно-шлаковый

ангидритовый и ангидрито-глиноземистый цементы. Впервые в мире доменная печь на Урале давала одновременно чугун и клинкер быстротвердеющего глиноземистого цемента. По производству цемента из доменного шлака СССР также вышел на первое место в мире.

В области производства и применения извести в СССР также было сделано крупное открытие. Около 2000 лет известь применялась в строительстве только после гашения ее водой. При этом теплота гашения терялась, а известковое тесто медленно схватывалось и твердело. Талантливый изобретатель И.В. Смирнов коренным образом изменил старинный способ. Он предложил размалывать негашеную известь в тонкий порошок и сразу же применять ее в штукатурке, известково-шлаковом вяжущем, шлакобетонных камнях и т.п. При этом известь быстро схватывается и твердеет, теплота гидратации ее используется для ускорения твердения и высыхания. Изобретение И.В. Смирнова было удостоено Сталинской премии и внедрялось на ряде известковых заводов и строек.

### 1.2.2.3. Бетоны

Русские ученые уже с конца XIX в. уделяли большое внимание созданию плотного бетона и правильному расчету его состава.

Крупный вклад в науку о бетоне внесли русские инженеры, в особенности И. Самович (1885–1890 гг.) и профессор Военно-инженерной академии И.Г. Малюга. В его труде «Состав и способ приготовления цементного раствора (бетона) для получения наибольшей крепости», вышедшем в 1895 г., были даны основные принципы изготовления прочного бетона. Наибольшее развитие технология бетона получила в советское время, начиная с 1924 г.

Особое значение в развитии технологии бетона в СССР имели работы профессора Н.М. Беляева и его школы. Начиная с 1927 г. профессора Н.М. Беляев, И.П. Александрин и их ученики стали вводить в практику научные методы подбора состава бетона, повлекшие повышение его качества.

С 30-х годов школой члена АН Грузинской ССР К.С. Завриева и московскими учеными (профессором Б.Г. Скрамтаевым и др.) были созданы новые, более рациональные методы расчета состава бетона, вытеснившие американский метод расчета. Советские методы расчета позволяют, в противовес американскому, экономить цемент в бетоне. Экономия цемента не только удешевляет бетон, но и улучшает его технические свойства (уменьшается выделение тепла, усадки и ползучесть).

Кроме того, заслугой советских ученых является создание способов производства зимних бетонных работ и широкое использование их на практике. Бетонирование зимой представляло собой вначале сложную научно-техническую задачу. После многочисленных исследований и опытов на стройках в Советском Союзе получили развитие такие научно-обоснованные методы зимнего бетонирования, как способ термоса, пропаривание, электропрогрев и др. По развитию всех этих методов Советский Союз занимал первое место в мире. В суровые зимы 1941–1943 гг. бетонирование помогло быстрому возобновлению работы на Урале и в Сибири заводов, переведенных из районов, которым угрожали фашистские войска. Большая группа специалистов во главе с профессором С.А. Мироновым в 1949 г. была удостоена Сталинской премии за разработку и внедрение способов производства зимних бетонных каменных работ.

Притом крупные достижения имеются и в создании новых видов бетона – легкого, кислотоупорного и жаростойкого. Технология легких бетонов была разработана членом Академии архитектуры СССР профессором Н.А. Поповым (Москва) и специалистами Армении и Грузии. Н.А. Попов также выделил отрасль науки о строительных растворах для каменной кладки.

Бетонные работы в Советском Союзе были почти полностью механизированы: применялось машинное перемешивание бетонной смеси, широкая механизация укладки и уплотнения бетонной смеси при помощи вибрации и вакуумирования (работы лауреатов Сталинской премии С.В. Шестоперова, профессоров А.Е. Десова, О.А. Гершберга и др.).

Достижения советской технологии производства бетона наиболее полно реализовывались на крупнейших гидротехнических стройках, где общий объем бетонных и железобетонных работ достигал огромной цифры – 18 млн м<sup>3</sup>. На строительстве Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина работали автоматизированные бетонные заводы с крупными бетономешалками. Бетонная смесь уплотнялась электрическими высокочастотными вибраторами, а поверхность некоторых бетонных сооружений обрабатывалась при помощи вакуумирования. Эти методы применялись на Куйбышевгидрострое и других строительствах. Все это обеспечивало высокие темпы бетонных работ и хорошее качество бетона.

#### **1.2.2.4. Металлы**

Металлы являются одним из трех важнейших материалов всей современной промышленности и техники.

С давних времен металлургия и металлообработка, в особенности кузнечное и литейное дело, успешно осваивались русскими мастерами.

Россия в VIII в. победила сильнейшего агрессора того времени – Швецию, опираясь на собственное производство вооружения. Во второй половине XVIII в. Россия занимала первое место в мире по производству чугуна. Русский металл успешно конкурировал с английским и шведским на европейском рынке, уральское кровельное железо под названием «сибирское» пользовалось мировой известностью.

Однако в дальнейшем, в начале XIX в., крепостная Россия оказалась в промышленном и техническом отношении отброшенной назад по сравнению с Западной Европой, где быстро развивался капитализм. В 1913 г. в России было выплавлено чугуна и стали по 4,2 млн т, и она перешла на пятое место в мире. К этому времени русская металлургия оказалась под влиянием иностранного монополистического капитала.

Урал, являвшийся раньше основным горнопромышленным центром России, в XIX в. уступил свое место югу, дававшему к 1913 г. три четверти всей металлургической продукции. Здесь – на юге – особенно сильна была роль иностранного капитала.

Перед Первой мировой войной русская металлургия давала стране только черные металлы. Крайне необходимые для промышленности остальные металлы (медь, золото, серебро, платина, свинец и др.) ввозились из-за границы. За время Первой мировой войны, а затем гражданской войны добыча металлов в России почти прекратилась, и советской власти пришлось создавать металлургическую промышленность заново. В.И. Ленин отмечал: «Относительно железа – одного из главных продуктов современной промышленности, одного из фундаментов, можно сказать, цивилизации – отсталость и дикость России особенно велики».

К концу первой пятилетки в СССР была создана тяжелая промышленность, на основе которой осуществлялась социалистическая индустриализация страны. Проблема снабжения нашей Родины металлом была в основном разрешена. За годы первой и второй пятилеток были построены и введены в действие крупнейшие заводы черной металлургии: Магнитогорский, Кузнецкий, Криворожский, Ново-Тульский, Новолипецкий, Керченский, Запорожсталь, Азовсталь и др.

По итогам успешного завершения первых двух пятилеток XVIII съезд ВКП(б) в 1939 г., определив пути постепенного перехода от социализма к коммунизму, выдвинул перед народами Советского Союза основную задачу – догнать и перегнать главные капиталистические страны также в экономическом отношении, т.е. по размерам промышленного производства на душу населения.

В третьей пятилетке социалистическая промышленность продолжала развиваться быстрыми темпами. В 1940 г. в СССР было выплавлено чугуна в 3,6 раза и стали в 4,3 раза больше, чем в 1913 г.: чугуна было выплавлено 15 млн т, стали – 18,3 млн т.

Безусловно, развивалась и металлургия цветных металлов. Намного увеличилось производство меди. За годы советской власти в нашей стране было создано производство алюминия, магния, вольфрама, молибдена, никеля, олова, сурьмы и др. К двум прежним районам добычи цветных металлов – Уралу и Кавказу – добавились Казахстан, Киргизия, Кольский полуостров, Дальний Восток. В широком масштабе в металлургии стало применяться обогащение руд.

Вероломное нападение гитлеровской Германии разрушило все планы. В начале войны мы потеряли мощную базу металлургии – юг, который давал около 2/3 всей выплавки чугуна в СССР и более половины стали и проката, но политика партии и правительства разбила все надежды врага на быструю и легкую победу. Во время войны была проведена беспрецедентная в истории гигантская операция перебазирования нашей промышленности из прифронтовых районов на восток.

В годы Великой Отечественной войны советские металлурги разрешили ряд таких трудных и важных технических проблем, как: выплавка легированных и броневых сталей в больших мартеновских печах, прокатка броневой стали на обычных листовых станах, автоматическая сварка. Советская Армия была полностью обеспечена металлом и всей необходимой военной техникой, и это в значительной мере обусловило победу СССР над фашистской Германией и империалистической Японией.

После победы наша металлургия была быстро восстановлена. Уровень довоенного 1940 г. по производству стали и чугуна был достигнут в 1948–1949 гг., а к концу первой послевоенной пятилетки, в 1950 г., превзойден на 45 %.

В четвертой пятилетке (1946–1950 гг.) произошли крупные сдвиги в советской металлургии в сторону более равномерного размещения металлургических заводов по всей стране на основе народно-хозяйственного плана развития отдельных районов.

Районы СССР, экономически отсталые в прошлом, получили индустриальную базу для нового культурного и хозяйственного подъема: в 1952 г. в СССР произведено чугуна 25 млн. т (примерно на 70 % больше, чем в 1940 г.) и стали 35 млн. т (на 90 % больше, чем в 1940 г.). Тогда Средняя Азия, Кавказ, Дальний Восток и другие районы производили свой металл. Дальние перевозки угля, руды и металла все больше и больше сокращались.

Пятым пятилетним планом развития СССР к 1955 г. был предусмотрен рост производства металлов по сравнению с 1950 г. примерно в следующих объемах: чугуна – на 76 %, стали – на 62 %, а цветных металлов – в еще большей степени. В последующие пятилетки производство чугуна следовало довести до 50 млн. т в год, стали – до 60 млн.

### **1.3. Роль металлов, керамики и полимеров как строительных материалов в народном хозяйстве и историческом развитии цивилизации**

Строительные материалы являются основой любого строительства – промышленного, жилищного, гидротехнического, транспортного.

К числу важнейших строительных материалов относятся: металл, лесные материалы, цемент, бетон, кирпич, камень, шифер (асбестоцементный), черепица, рулонные кровельные, гидро- и теплоизоляционные материалы, стекло и др.

Значение строительных материалов для народного хозяйства видно, к примеру, из того, что расходы на них составляют около 50 % стоимости строительства (без стоимости оборудования). Для удешевления строительства чрезвычайно важно дальнейшее снижение стоимости строительных материалов и их экономия.

*Значение изучения информации о материалах в общей подготовке инженеров важно, потому что ни одну продукцию в виде изделия или конструкции нельзя правильно спроектировать, построить и эксплуатировать без наличия соответствующих материалов и всестороннего знания их структуры и свойств.*

Например, стоимость материалов в общих затратах на строительство составляет не менее половины, для уникальных зданий и сооружений может быть и больше. Промышленность строительных материалов является наиболее емкой, ежегодно в стране перерабатывается для этих целей более миллиарда тонн различных компонентов. Грузовой железнодорожный транспорт примерно на четверть загружен перевозкой строительных материалов, речной – более чем на половину. Стоимость строительных материалов зависит от затрат на их перевозку. При транспортировании материалов на большие расстояния, учитывая размеры России, стоимость может возрасти в несколько раз. Для экономии стоимости строительства следует использовать материалы, производимые вблизи строящегося объекта, другими словами, целесообразно и промышленность строительных материалов организовать как можно

ближе к сырьевой базе. Стоимость всех материалов включает различные факторы, но все должно приводиться к рентабельности и конкурентоспособности. Сюда можно отнести и качество изделий, долговечность их работы, теплоэнергетические затраты на производство, возможность переработки отходов и даже экологические аспекты, которые в конечном итоге сказываются на экономике производства региона, страны в целом. Если все не предусматривать, то первоначальная небольшая стоимость материала может во времени обернуться значительными расходами на ремонт, реконструкцию, восстановление окружающей среды и т.п.

Для этого необходимо: более решительное внедрение новых прогрессивных стеновых материалов; увеличение производства шлакобетонных и крупных бетонных блоков; значительное увеличение выпуска новых высококачественных отделочных и облицовочных строительных материалов, деталей и конструкций заводского изготовления из керамики, гипса, бетона и железобетона, способствующих дальнейшей индустриализации строительства, снижающих его стоимость и улучшающих архитектурно-строительные и эксплуатационные качества зданий и сооружений.

В начале XXI в. задаются вопросом о будущих строительных материалах. Бурное развитие науки и техники затрудняет прогнозирование: еще пять десятилетий назад не было широкого применения полимерных строительных материалов, а о современных «истинных» композитах было известно только узкому кругу специалистов. Тем не менее, можно предположить, что основными строительными материалами также будут металл, бетон и железобетон, керамика, стекло, древесина, полимеры. Строительные материалы будут создаваться на той же сырьевой основе, но с применением новых рецептов компонентов и технологических приемов, что даст более высокое эксплуатационное качество и, соответственно, долговечность и надежность. Прогнозируется максимальное использование отходов различных производств, отработавших изделий, бытового мусора и т.д. Строительные материалы будут выбираться по экологическим критериям, а их производство будет основываться на безотходных технологиях.

Уже сейчас имеется множество, так сказать, фирменных отделочных, изоляционных и других материалов, которые в принципе отличаются только составом и технологией. Этот поток новых материалов будет увеличиваться, а их эксплуатационные свойства совершенствоваться с учетом суровых климатических условий и экономии энергетических ресурсов России.

*Строительными материалами* называют разнообразные по составу, структуре, форме, техническим свойствам, исходному сырью и технологии производства вещества, применяемые в жилищно-гражданском, промышленном, сельском, гидротехническом, дорожном и специальных видах строительства.

*Строительными изделиями* называют отдельные элементы, изготовленные из строительных материалов (например, железобетонная панель, состоящая из цемента, песка, щебня и воды, армированная стержнями, сетками, каркасом; кирпичный блок, сложенный из кирпича на цементном растворе и др.).

Простейшими строительными материалами, которые начал применять человек, были глина, древесина, тростник, листья, шкуры животных, лед, снег, а также легко добываемые валуны, мягкие камни и др. В горных районах человек пользовался естественными или искусственно выдолбленными в мягких породах пещерами, на болотистых и заливаемых водой местах соорудили жилища на столбах, деревьях и т. д.

Большинство строительных материалов, применяемых в настоящее время, известны давно, например, кирпич-сырец и кирпич обожженный известны в строительстве более 12 тыс. лет. Сооружения из бетона на известковом растворе применялись еще в глубокой древности.

В Южном Туркестане (возле станции Каахка) при раскопках поселения, возникшего более 6 тыс. лет тому назад, найдены изделия из керамики, камня, меди.

Для сооружения города Махенджодаро в Индии, построенного 5 тыс. лет тому назад, применялись тесаные камни, гидравлические растворы.

Монументальные памятники, такие как гробницы египетских пирамид Хеопса и др., сооружены за 4–2 тыс. лет до н.э. из крупных каменных элементов, плоских балочных перекрытий, в отдельных конструкциях применены деревянные связи. Внутренняя и наружная отделки осуществлялись в то время декоративными металлами, изразцами, живописью.

За 3–2 тыс. лет до н.э. на территории Украины уже применяли керамику (трипольская культура).

В Индии в городе Дели в IV в. установлена кованая колонна из чистого железа.

Древнеримские сооружения (грандиозные театры, триумфальные арки, акведуки и др.) возведены из бетонов. Отделку их выполняли из керамики, стекла, гипса. Бетонные своды построек давностью более 2 тыс. лет сохранились и поныне.



Одним из величайших сооружений в Риме конца I в. до н.э. является Колизей, вмещавший до 50 тыс. зрителей. Он выстроен из бетона, кирпича, природных камней.

В V–I вв. до н.э. и позднее в Армении, Грузии, Азербайджане построены выдающиеся сооружения из местных каменных строительных материалов (пещерный город Уплис-Цихе, мавзолей в Нахичевани и др.).

При постройке Великой китайской стены (213 г. до н.э.) были применены бетон на известковом вяжущем, кирпич, камни. В сооружениях Древнего Китая для наклонных кровель использовали солому, бамбук, глиняную черепицу. Для отделки применяли кирпич, глазурованную керамику, фарфор.

Храмы Посейдона и Парфенон в Греции построены в V в. до н.э. из мрамора, туфа и искусственных материалов – кирпича, глазурованной керамики, позолоченного металла; для кровли применяли черепицу.

В VI в. до н.э. в Вавилоне для постройки дорог использовали битум.

Во время раскопок на территории древнего города Ольвии найдены различные строительные художественные керамические изделия, относящиеся к VI в. до н.э.

В VI–V вв. и позже народы Средней Азии при строительстве монументальных сооружений широко применяли декоративную облицовку из цветного кирпича, многоцветных глазурованных плиток.

Исторические памятники Киевской Руси – Софийский собор, заложенный князем Ярославом Мудрым в начале VI в., Золотые ворота (VI в.) – одни из первых каменных сооружений на Руси, возведенные из кирпича и камня на растворе.

Техника производства кирпича была известна на Руси до X столетия н.э. Например, стены Десятинной церкви в Киеве были сложены из обожженного кирпича (плинф) размером 340×270×40 мм. Кирпичи такого же размера встречаются в кладке Преображенского собора в Чернигове, Софийского собора и Золотых ворот в Киеве. Древние полы Софийского собора выполнены из шестигранных цветных керамических плиток. Изображения на стенах расписаны фресками (окраска по свежей штукатурке земляными красками), набраны стеклянными смальтами. На территории Десятинной церкви при раскопках найдены мастерские VI в., где обнаружено сырье, стеклянная глазурь, стеклянная смальта и тигли (в которых плавляли смальту).

В конце XI в. в Переяславе-Хмельницком были построены из кирпича и камня церкви Михаила и Андрея, а также собор Софии в Новгороде и др.

Высокохудожественные образцы древней керамики найдены в Белгороде, Владимире на Клязьме, Новгороде и других древних городах Руси.

В середине VII в. в Москве, Киеве, Пскове, Новгороде и других городах Древней Руси русскими зодчими были созданы выдающиеся инженерные сооружения из древесины. Большой деревянный наплавной мост через реку Днепр в Киеве был построен в 1115 г.

В 1156 г. князь Юрий Долгорукий воздвиг в Москве укрепления из древесины. В 1367 г. князь Дмитрий Донской выстроил каменные стены вокруг столицы. Во второй половине XV в. были выстроены из кирпича в Москве знаменитый Успенский собор, дворец в Угличе и другие архитектурные памятники, новые кирпичные стены и башни Кремля, сохранившиеся до настоящего времени. В XVI в. на Руси было построено большое количество крепостей, различных военных укреплений. В строительстве сооружений этого типа кирпич являлся основным строительным материалом. В 1508 г. вокруг Кремля был устроен глубокий ров, откосы которого облицованы кирпичом и камнем. В конце XV и начале XVI вв. в общем ансамбле Кремля были возведены новые соборы, Грановитая палата и другие здания.

Крупным достижением русской строительной техники того времени является сооружение каменной колокольни Ивана Великого высотой более 80 м.

В XVI в. при Иване Грозном столица России Москва значительно расширилась – Китай-город, где находился торговый посад, был обнесен кирпичной стеной. В середине XVI в. русскими зодчими Бармой и Постником для сооружения храма Василия Блаженного в Москве были использованы обыкновенный и цветной кирпичи, природный камень, черепица, кровельное железо, плоские железо-кирпичные перекрытия.

В тот период уже была известна техника склеивания древесины.

В XVI–XVII вв. при строительстве Успенской церкви Киево-Печерской лавры была широко применена декоративная керамика. В XVII–XVIII вв. появились большие казенные кирпичные заводы в Москве, а затем и в Петербурге. В XVIII в. в России уже было известно применение асфальтовых материалов.

В XVIII – начале XIX вв. из среды русского народа выдвинулись замечательные русские зодчие: Баженов, Казаков, Захаров, Воронихин, Ухтомский, Старов и др. Строительство этого периода знаменуется широким применением в Москве, Петербурге, Киеве и др. городах мрамора, гранита, керамических и стеклянных облицовок и др. материалов.

После изгнания в 1812 г. наполеоновских войск в Российской империи начало быстро развиваться в районе Москвы (Гжель), на Украине и на востоке страны керамическое производство.

Для многочисленных уникальных сооружений, построенных в XVII в. и начале XIX в. (Адмиралтейство и Казанский собор в Петербурге, Большой театр в Москве, Андреевская церковь в Киеве и многие другие), применены высококачественные природные и искусственные материалы. Богатство скульптур Адмиралтейства (гранитная Александрийская колонна в Петербурге высотой 25,5 м, весом 500 т, монументальная колоннада Казанского собора из гранитных колонн весом каждая более 100 т), необычная красота внутренней отделки русскими самоцветами, техника и искусство применения природных и искусственных материалов при сооружении многих зданий свидетельствуют о высоком качестве отечественных строительных материалов и, конечно, мастерстве русских зодчих.

Научные основы технологии строительных материалов, теплотехники, горного дела и металлургии в России создал русский ученый М.В. Ломоносов. Идеи Ломоносова были использованы при постройке первых крупнейших в мире доменных печей.

Д.И. Менделеев издал в 1859 г. труд «Стеклопроизводство», который способствовал развитию и совершенствованию стеклоделания в России. Массовое применение стекла в строительстве началось с XVII в.

Техническому прогрессу в области производства и применения вяжущих материалов способствовало изобретение портландцемента.

В 1824 г. англичанин Аспдин из города Портланд получил патент на изготовление вяжущего с гидравлическими свойствами путем обжига глиноизвестняковых смесей до спекания с последующим размолом их в порошок. Такое вяжущее было названо «портландцементом». Однако способ изготовления гидравлического вяжущего был известен в России в начале XIX в. Русский военный техник Егор Челиев в 1825 г. издал в Москве книгу «Полное наставление, как готовить дешевый и лучший мертель, или цемент, весьма прочный для подводных строений, как-то: каналов, мостов, бассейнов и плотин, – подвалов, погребов и штукатурки каменных и деревянных строений». В этом труде Е. Челиев обобщил накопленный русскими строителями опыт по получению и применению гидравлических вяжущих в России.

*В 1853 г. при Петербургском институте инженеров путей сообщения профессор Н.А. Белелюбским была организована первая в России лаборатория по испытанию материалов.*

В последующие годы технология изготовления строительных материалов как в России, так и за рубежом, благодаря развитию смежных отраслей науки и техники, развивалась и совершенствовалась.

В нашей стране наука о строительных материалах получила большое развитие после Великой Октябрьской социалистической революции и особенно после Великой Отечественной войны.

Главной задачей в области развития промышленности строительных материалов являлось и является широкое использование местного сырья и развитие производства эффективных элементов, обеспечивающих высокую степень сборности, уменьшение веса конструкций, повышение качества, снижение стоимости строительства.

Характеризуя современное общее направление в технологии изготовления строительных изделий, следует отметить, что для создания современных конструкций, отвечающих условиям сборности и полной индустриальности, нужны тонкие несущие конструкции – каркасы, оболочки и легкие материалы, выполняющие роль утеплителей.

Прочные каркасы могут быть выполнены из армированных бетонов, из специальных сталей и алюминиевых сплавов, стеклопластиков, клееной древесины и др. Легкий материал (утеплитель) создают искусственным введением в массу материала воздуха в виде мелких, равномерно распределенных ячеек или прослоек, волокнообразованием, гофрированием и другими способами. Являясь хорошим теплоизолятором, воздух значительно улучшает теплофизические, а следовательно, и технико-экономические показатели изделия.

В последнее время создано много весьма эффективных пористых искусственных строительных материалов и изделий: крупнопористые бетоны, пеностекло, пеносиликаты, керамзит, термозит, вспученный перлит, поропласты, пеноалюминий, фибролит, стекловолокно, минеральная вата и др.

При современной технологии объемный выход строительного материала нередко во много раз превышает объем затраченного сырья. Так, из одной объемной единицы перлитового камня получают 6–10 объемов вспученного перлитового песка, из единицы объема слюдяного материала – вермикулита – 10–15 объемных единиц вспученного вермикулита, из 1 м<sup>3</sup> камня – базальта – 50–80 м<sup>3</sup> базальтовой ваты и т.д.

*Следует отметить одну важную особенность развития промышленности строительных материалов. Полной механизации и автоматизации производства поддаются изделия, изготавливаемые из пластичных, рыхлых, расплавленных, текучих масс, а также из пленочных материалов. Поэтому современная технология производства*

*строительных материалов в основном направлена на превращение даже таких, казалось бы, готовых материалов, как природные камни, древесина и др., в бесформенную массу. А далее из нее различными путями можно изготавливать на автоматизированных линиях законченные крупно-размерные элементы любого структурного вида – плотные, ячеистые, волокнистые – с последующей комплектацией из них крупногабаритных изделий.*

Наряду с производством давно известных материалов (известь, гипс, портландцемент, обыкновенный кирпич и др.) значительно увеличивается производство высокопрочных быстротвердеющих цементов, вяжущих для специальных строительных работ, для декоративной отделки зданий, пустотелого кирпича, легких заполнителей, различных теплоизоляционных материалов.

Широкое развитие находит производство различных пленочных защитных и декоративных материалов из древесины (микрошпон), стекла (пленочное стекло, стеклошпон), синтетических смол (смоляные пленки), металла (фольга), бумаги, дублированной пленкой, и изготовление на их основе индустриальных материалов различного назначения (бакелизированная фанера, стеклопластики, слоистые пластики, гофрированный картон и др.).

Особое внимание уделяется развитию производства материалов из минеральных расплавов, автоклавных бетонов, а также материалов специального назначения – антикоррозионных и герметизирующих, антисептиков, антипиренов и других химических средств.

Широко применяются современные способы улавливания пыли на цементных, гипсовых и других заводах; извлечения полезных составляющих газов и сопутствующих пород. Промышленные отходы (шлаки, золы, опилки, изношенная резина и др.) занимают должное место в номенклатуре сырья для производства строительных материалов. Намного повысился удельный вес синтетических материалов, металлов и сплавов с новыми свойствами.

В создании многих групп материалов особая роль принадлежит утеплительным материалам, тонколистовой нержавеющей стали, тонкому листу из алюминиевых сплавов, клеям, клеящим мастикам, эмульсиям, техническим тканям.

Развитие новых областей техники и создание объектов специального назначения вызвало потребность в новых технологических процессах и новых материалах.

Для создания современных материалов применяют новые индустриальные методы: тонкое и сверхтонкое измельчение в мельницах и ультразвуком, высокое физическое давление, прокат, обработку паром

при высоком давлении, полимеризацию, клеевание, электронную технологию, применение поверхностно-активных веществ и активных смазок, пленочных покрытий напылением, гидро- и газорезание, штампование взрывом, массовый выброс породы взрывом, применение искусственных алмазов для обработки твердых тел, обработку лучом лазера и многие другие. Так, ультразвуковым способом можно получать экономичные по расходу цемента бетонные смеси, красочные составы с малым расходом олифы, сваривать металлы, разрезать камни, дробить породу. Под высоким давлением изготавливают бетоны, по прочности равные чугуну. В электрическом поле эффективно производят окрашивание, улавливание пыли, измельчение, термообработку.

На смену обычным конструкциям пришли крупноразмерные плоские и пространственные элементы, блоки, комнаты и целые квартиры, надувные конструкции из воздухонепроницаемых тканей, водонаполненные кровли, элементы из стекла, материалы из плавящихся горных пород и шлаков, конструкции из алюминия, древесных пластиков, стеклопластиков, пластических масс и т.д.

Для широкого развития промышленности строительных материалов в РФ есть неисчерпаемые сырьевые и топливные ресурсы. РФ обладает богатейшими месторождениями редких по красоте каменных строительных материалов. Большую ценность для строительства представляют легко поддающиеся распиловке горные породы – туфы Армении, ракушечники Черноморья, Крыма, Молдавии, опоки Приднестровья и др. Эти материалы сочетают конструктивные и архитектурные качества и могут применяться в виде крупных элементов.

Огромные запасы рудных и нерудных сырьевых материалов (железная руда, боксит, асбест, нефелины, диатомит, слюда, обычная и огнеупорная глина, каолин, магнезит, мергели, известняк, гипс и др.) открывают широкие возможности для развития производства современных индустриальных строительных материалов.

По запасам древесины наша страна занимает первое место в мире, обладая более чем одной третью мировых лесных ресурсов. Промышленность пластических масс обеспечена неисчерпаемыми источниками сырья – нефтью, газом. Так, из 1 млрд м<sup>3</sup> природного газа можно получить более 500 тыс. т различных химических продуктов, из которых на долю пластических масс приходится около 100 тыс. т.

Развитие строительной индустрии немислимо сейчас без глубокого понимания процессов образования материала, без умения управлять этими процессами, без умения создать необходимые условия взаимосвязи

со средой в период эксплуатации конструкции. Управлением химической природой изделия, выбором соответствующих для него компонентов, комплектацией конструкции регулированием среды службы, созданием защитных слоев на поверхности можно в значительных пределах улучшить свойства материалов и намного повысить их долговечность. При этом особая роль принадлежит различным химическим добавкам в малых дозах. Малые дозы поверхностно-активных веществ содействуют измельчению цементов, замедляют или ускоряют процессы схватывания и твердения, повышают заданные плотность, пористость, формовочную способность, делают материал гидрофобным или гидрофильным, стойким к влияниям различных агрессивных сред.

Наукой открыты возможности направленного создания свойств материалов и управления процессами их структурообразования. Так, из природного газа и нефти получают твердые, эластичные, газонаполненные, жидкие, волокнистые строительные материалы; из каменных пород, шлака, пользуясь методами современной науки, изготавливают плотные, ячеистые, волокнистые материалы.

В настоящее время в стране успешно работают сотни научно-исследовательских организаций по изучению новых проблем в строительстве, тысячи заводских и строительных лабораторий, сотни проектных институтов; разработаны новые методы исследования сырья и материалов – рентгенография, термоанализ, электрономикроскопия, ультразвуковая дефектоскопия, резонансный и другие способы, позволяющие контролировать качество материалов без их разрушения. В Советском Союзе были созданы уникальные технологические процессы производства строительных изделий, например, вибропрокат панелей на стане Н.Я. Козлова, изготовление крупногабаритных изделий из силикатных бетонов, автоматизированные установки для сварки металла и др.

Большое внимание уделяется вопросам надежности материалов, бездефектности, экономической эффективности. В целях повышения качества и художественно-эстетических достоинств строительных материалов Государственный комитет по промышленности строительных материалов ввел с 1 января 1966 г. «Положение об эталонах на строительные материалы и изделия». Эталоны определяют внешний вид материала, свойства, соответствующие ГОСТам, МРТУ и другим нормативным документам, утверждающимся сроком на 5 лет. Промышленные предприятия должны выпускать продукцию, соответствующую эталонам. Отступления могут быть только в сторону повышения качества.

Все материалы и изделия должны соответствовать определенной государственной стандартизации (ГОСТ), разрабатываемой на основе новейших достижений науки и техники. В каждом стандарте имеются: точное определение материала, классификация по маркам и сортам, технические условия на изготовление, методы испытаний, условия хранения и транспортирования. *ГОСТ является документом, имеющим силу закона.* В обозначении ГОСТа первое число означает порядковый номер стандарта, второе – год его утверждения.

Кроме стандартов действует система нормативных документов, объединенная в *Строительные нормы и правила (СНиП) – это свод нормативных документов по проектированию, строительству и строительным материалам, обязательный для всех организаций и предприятий.*

#### **1.4. Ученые металлурги и металловеды России**

*Русская наука о металлах начинается с М.В. Ломоносова. В 1763 г. вышла книга «Первые основания металлургии или рудных дел», которая является выдающимся трудом по металлургии, в частности чугуна, и горному делу.* М.В. Ломоносов описал в этой книге технологические приемы, необходимые для практика-металлурга и изложил физико-химическую сущность металлургического процесса.

Из последующих работ по металлургии особо следует отметить труды выдающегося русского металлурга, горного инженера, генерал-майора П.П. Аносова. Он первым (в 1831 г.) использовал микроскоп для изучения структуры металлов при исследовании строения высококачественной стали – булата, проблему изготовления которой П.П. Аносов блестяще разрешил на Златоустовском заводе (1837 г.).

Аносов, по существу, явился зачинателем производства высококачественных сталей, играющих важнейшую роль в современной технике.

Русская металлургия со времен М.В. Ломоносова развивалась в тесном контакте с химией и физикой. Наши химики и физики всегда приходили на помощь металлургам. Особенно велика заслуга великого русского ученого Д.И. Менделеева, который боролся за индустриальное развитие России и много сделал для организации металлургических заводов. Однако до Великой Октябрьской социалистической революции из-за отсталости экономики России, консерватизма и косности царского правительства результаты работ русских ученых не могли быть полностью использованы на практике.



Основоположниками современной теории металлургии и металловедения являются Д.К. Чернов, А.А. Байков, Н.С. Курнаков, М.А. Павлов.

*Выдающийся русский металлург Д.К. Чернов (1839–1921 гг.) сделал крупнейшее и исключительное по своим последствиям открытие. Он установил критические точки – температуры, при которых происходит изменение структуры и свойств охлажденной стали. Этим открытием Чернов разрешил основной вопрос об условиях термообработки иковки стали.*

Русские металлурги и металловеды являются последователями Д.К. Чернова. Они создали советские школы металлургии, занявшие выдающееся место в советской и мировой науке. В области металлургии чугуна – это школа академика М.А. Павлова; в области металлургии стали – школа академика А.А. Байкова и других ученых.

Академик М.А. Павлов разработал стройную теорию доменной плавки чугуна и методику металлургических расчетов, на которых сейчас базируется вся теория и практика доменного дела. Его трехтомный курс «Металлургия чугуна», удостоенный Сталинской премии, по глубине исследования и богатству научного и практического материала является единственным в мировой литературе. Под техническим руководством академика М.А. Павлова при участии академиков А.А. Байкова, И.П. Бардина и Н.Т. Гудцова создавались наши гиганты металлургии: Магнитогорский, Кузнецкий и другие заводы.

Академик А.А. Байков разработал теорию металлургических процессов стали, и его идеи получили дальнейшее развитие в работах школы академика М.М. Карнаухова.

В развитии технологии строительных материалов огромную роль сыграли созданные при советской власти научно-исследовательские институты по всем основным строительным материалам (цементу, керамике, стеклу, асбесту, местным строительным материалам и др.) и большая сеть центральных и местных лабораторий революции (до этого в России не было ни одного научно-исследовательского института в этой области).

За годы советской власти появилась и обширная научно-техническая литература по строительным материалам. Крупными трудами являются: «Технология вяжущих веществ» профессора В.Н. Юнга и др., «Технология керамики» члена Академии наук УССР П.П. Будникова и др., «Технология стекла» профессора И.И. Китайгородского и др.

Современные российские ученые, инженеры и новаторы производства борются за дальнейшее расширение номенклатуры отечественных материалов, с опорой на расширение объемов производства

и повышение качества всех основных материалов, в особенности органических и неорганических полимеров и материалов на их основе, типа полиэтилена, керамики, цемента и бетона, а также металлов и композиционных материалов на их основе.

Отметим развитие углубленного изучения химического строения металлов, в частности работы академика Н.В. Агеева (Природа химической связи в металлических сплавах. – М.: -Л.: Ан. СССР. – 1947. – 120 с.), профессора В.К. Григоровича (Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука. – 1988. – 296 с.) и др.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные исторические периоды материаловедения.
2. Каковы основные достижения материаловедения до н.э.?
3. Расскажите об основных достижениях материаловедения в эпоху Ренессанса (XIV–XVI вв.).
4. Что отличает материаловедение в эпоху Нового времени (XVII–IX вв.)?
5. Что нового в материаловедении появилось в эпоху Новейшего времени (XX–XXI вв.)?
6. В каких исторических периодах использовались природные, искусственные и синтетические материалы?
7. Какие суждения о сущности качества материалов, о слагающих частицах вещества и их свойствах имели древнегреческие и римские философы?

*Наружные признаки суть следствия химического состава  
и тех физических условий, которые более или менее  
благоприятствуют к принятию определенного вида,  
данного природою каждому роду тел.*  
П.П. Аносов

## **ГЛАВА 2. ИСКУССТВЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ ДО НАШЕЙ ЭРЫ**

Сегодня практически невозможно восстановить историю применения человечеством природных каменных и древесных материалов во времена до нашей эры. Поэтому в качестве исторического примера получения искусственных неметаллических и металлических материалов рассмотрим получение стекла и меди.

*Пою перед тобой в восторге похвалу –  
Ни камням дорогим, ни злату, но стеклу!*  
М.В. Ломоносов

### **2.1. Стекло**

#### **2.1.1. История получения стекла**

История получения стекла уходит в глубокую древность. Существует легенда, что первое искусственное стекло было получено моряками, выброшенными на остров после кораблекрушения. Они случайно уронили в костер разложенное на песке вещество, представляющее собой кристаллический оксид кремния – соду, которая при сплавлении с песком образовала «лепешку» неизвестного ранее людям аморфного материала – стекла. Известно, что в Египте и Месопотамии его умели делать уже 6000 лет назад. 2,2 тыс. лет до н.э. жители Северо-Западного Ирана изготовили свое первое стекло. По другим данным, первое датированное упоминание голубого непрозрачного стекла с покрытием из прозрачного зеленого стекла относится к 3064 г. до н.э. Так, в Египте стекла широко применялись для специальных ритуальных орнаментов, украшений и т.д. в период правления фараонов Тутмоса III (1900 г. до н.э.) и Тутанхамона (1300 г. до н.э.). В соответствии с записями

на глиняных табличках промышленное производство стекла было начато в Сирии (1700 г. до н.э.) и далее распространилось в Египет и Палестину. Рецепты и способы получения стеклянной глазури (покрытия по керамике) описаны в 1600 г. до н.э. и были найдены при раскопках городов в Месопотамии. Однако известно, что прозрачные силикатные стекла использовались в Египте приблизительно с XII тысячелетия до н.э. в качестве глазури амулетов, бус и фигурок священных жуков-скарабеев.

По данным одного из источников, самое древнее из найденных на сегодня изделий из рукотворного стекла – светло-зеленая стеклянная бусинка размером 9х5,5 мм, обнаруженная в окрестностях города Фивы, – датируется 3,5 тыс. лет до н.э. Стекло начали изготавливать позже, чем первые керамические изделия, так как для его производства требовались более высокие температуры, чем для обжига глины. Если для простейших керамических изделий было достаточно только глины, то для простейшего стекла необходимо использование нескольких компонентов. Изделия из стекла так же, как и из керамики, практически не подвергаются атмосферным воздействиям и хорошо сохраняются даже под слоем земли. Эти изделия оказались важнейшими документами далекого прошлого. Они донесли до нас бесценную информацию об уровне культуры и техники древних народов. Благодаря стеклу до нашего времени дошли величайшие художественные произведения различных эпох культуры человечества.

Но задолго до этого людям было известно так называемое природное стекло – материал, возникший в результате оплавления скальной породы при извержении вулкана, ударе молнии или метеорита. Самая распространенная его разновидность – обсидиан – малощелочное алюмосиликатное вулканическое стекло, из которого древний человек изготавливал разнообразные орудия. Но и в более поздний период развития человечества обсидиан не был забыт, о чем говорит факт нахождения многочисленных обсидиановых изделий на территории Египта.

Там изготавливали преимущественно изделия в виде небольших толстостенных вазочек – кратерисков и флакончиков для благовоний. На металлический прут надевали глиняную болванку (сердечник) и придавали ему форму будущего сосуда. На сердечник наматывали жгуты горячего стекла, которые, соединяясь, создавали тело сосуда. Вращая на стержне сосуд, обматывали поверхность разноцветными стеклянными нитями. Для получения зигзагообразного рисунка нити «прочесывали» гребенками и разглаживали.

К XV в. до н.э. стекло массово производилось в Азии, на Крите и в Египте. Предполагается, что технологии производства стекла из природных материалов представляли собой тщательно охраняемую тайну, и эти технологии применялись лишь при дворе правителей наиболее могущественных государств. В других местах стеклоделие состояло в обработке заранее приготовленного стекла, часто в виде слитков. Такие слитки, например, были найдены в месте крушения Улу-бурунского корабля около побережья современной Турции.

Начало древнего стеклоделия восходит к середине III тысячелетия до н.э. и связано с цивилизациями в долинах Нила, Тигра и Эфрата, островом Крит и отдельными народами, например, финикийцами. В Египте производство стекла достигло расцвета ко времени XVIII династии (1560–1350 гг. до н.э.), когда центром стеклоделия стала столица – Фивы. От этой эпохи до нас дошли стеклянный кувшин и бусина с именем фараона Тутмоса III. Бусы являются древнейшими предметами, целиком сделанными из стекла. Такие бусы носили представители царствующего дома, и они являлись не столько украшениями, сколько амулетами. Это были предметы роскоши, доступные только очень влиятельным и состоятельным людям.

Египтяне производили цветное стекло, тогда как в Месопотамии предпочитали прозрачное. Первыми стеклянными изделиями были украшения – бусины, палочки, полоски. Однако уже в XVI в. до н.э. в Месопотамии научились делать стеклянные вазы, их фрагменты найдены современными археологами.

Примерно в то же время секретом производства полого стекла овладели в Египте. Египетские мастера помещали форму, сделанную из спрессованного песка, в расплавленное стекло и поворачивали форму таким образом, что стекло оседало на ее стенках. Затем форму со стеклом вынимали, песок удаляли, заготовку остужали и производили окончательную обработку. До нас дошли три вазы тех времен, отмеченные (на них написано) именем фараона Тутмосиса (Тутмоса) III (1594–1450 гг. до н.э.), который привел стекольщиков в Египет как военнопленных после удачной кампании в Азии.

Археологам удалось обнаружить и остатки древних стекольных мастерских на восточном берегу Нила, работавших примерно 3400 лет назад. Там сохранились тигли для варки стекла, по форме напоминающие маленькие бочки высотой 40 см и диаметром 27 см в широких местах и 23 см – в узких.

Стекло было предметом роскоши, и казалось, что стеклоделие исчезнет вместе с цивилизациями позднего «бронзового века». В IX в. до н.э. стеклоделие было возобновлено в Сирии и на Кипре, при этом были найдены технологии для производства бесцветного стекла. Первое известное «пособие» по производству стекла датируется 650 г. до н.э. – это таблички, хранившиеся в библиотеке ассирийского царя Ашшурбанапала.

В Египте стеклоделие так и не возобновилось, пока оно не было принесено греками в царствие Птолемеев. В эллинистический период произошло дальнейшее развитие технологии стеклоделия, что позволило производить стеклянные изделия большого размера, в частности столовую посуду, а также, была разработана технология смешения стекла нескольких цветов, так что получалась мозаичная структура. Именно в этот период бесцветное стекло начало цениться сильнее цветного, и, соответственно, были усовершенствованы технологии его изготовления.

Изделиями из стекла пользовались древние ассирийцы и древние римляне, стекло получило распространение и в Древнем Китае. Около 1200 г. до н.э. нашим пращурам уже был знаком способ получения стекла прессованием в открытых формах. Но поскольку техника этого времени была примитивна, а высоких температур плавления достигать тогда еще не научились, то и стекло выходило непрозрачным и в весьма небольших количествах. Хотя и этого с лихвой хватало для изготовления небольших сосудов, амулетов и украшений.

Позже стекло начали производить в Микенах (Греция), Китае и Индии. Начиная с X в. до н.э. можно говорить о производстве стекла на Дальнем Востоке, а с IX в. до н.э. центром стеклоделия стала Александрия, откуда оно распространилось в Рим.

Древние стеклянные изделия обычно были окрашены в зеленоватый или коричневатый цвет из-за примесей в стекле. Особенно дорого ценились изделия из бесцветного стекла. Известно, что римский император Нерон (37–68 н.э.) заплатил за две чаши из бесцветного стекла золотом, превышающим их вес.

С падением Западной Римской империи (476 г.) и возникновением на ее развалинах варварских Германских государств стеклоделие в Западной Европе приходит в упадок, а его центр перемещается в новую столицу мира – Константинополь. Основав новую столицу в Византии, римский император Константин очень заботился об ее украшении и переселил туда ремесленников и художников из Рима, привлекая их различными льготами. Многие категории ремесленников, и стеклоделов (зеркальщики, мозаичники) в их числе, были освобождены от податей.

Константинополь сохранял свое первенствующее положение в стекольной промышленности на протяжении многих веков. Особенно широко известна византийская цветная мозаика, которой украшены многочисленные церкви Италии и Греции. Эту мозаику называли просто «греческим стеклом».

В 607 г. возникла Венеция, и там сразу же появились стекольные мастерские. С IX в. Венеция начала конкурировать с Константинополем. Венецианские мастера разработали собственные секреты составов и методов изготовления стекол. Хорошо известны венецианская мозаика и витражи, украшающие церкви в самой Венеции и в Северной Италии. После взятия Константинополя крестоносцами (1204 г.) Венеция оставалась единственным мировым центром стекольной промышленности.

В XVI столетии муранское стекло приобрело поистине мировую славу. Творения муранских мастеров достигали невероятной тонкости. Его приобретали повсюду как предмет роскоши. В буквальном смысле слова сосуды смущают своей невесомостью, стеклянная масса поражает феноменальной чистотой и прозрачностью. Различные изображения традиционной прозрачной венецианской посуды можно встретить на полотнах итальянских живописцев.

В раннее Средневековье в Европе стекольной промышленности претерпело некоторые изменения. Из-за трудностей в импортировании сырья стекло, производимое с использованием соды, уступило место стеклу, изготавливаемому с помощью поташа (углекислый калий), получаемого путем сжигания древесины. В лесистых местностях Франции, Германии, Богемии готовили стекло с применением древесной золы и золы папоротника, камыша и других растений. В этой золе преобладал поташ. Зола разных растений придавала стеклу различные свойства: осина, клен, ясень – наилучший цвет, береза – большую тугоплавкость.

Целый переворот в стекольной промышленности XVII в. вызвало открытие Михаила Мюллера, который впервые сварил стекло, отличавшееся необыкновенной прозрачностью в толстостенных изделиях. Это стекло известно под названием «Богемский хрусталь», и традиции его изготовления дошли до наших дней. Массивные граненые изделия из богемского хрусталя вытеснили с рынков Европы легкие, хрупкие и «нежные» изделия с острова Мурано.

В 1674 г. англичанин Джордж Равенкрофт запатентовал новый способ производства хрусталя, призванного заменить собой муранский хрусталь. Равенкрофт заменил поташ оксидом свинца в высокой пропорции, что позволило ему получить блестящее стекло с высокими преломляющими свойствами. Это стекло отлично поддавалось резке

и гравировке. Главное достоинство английского свинцового хрусталя, снискавшее ему европейскую известность, – игра и сверкание полированных граней, преломляющих лучи света, и мелодичный звон.

В 1688 г. во Франции применили новый метод изготовления стекла и зеркала. Расплавленное стекло выливалось на специальный стол и раскатывалось до плоского состояния. Затем заготовка охлаждалась и полировалась с помощью железных дисков и очень мелкого абразивного песка. Окончательная полировка производилась фетровыми дисками. Результатом подобного процесса стало стекло с невиданными ранее высокими оптическими свойствами. Покрытое с одной стороны отражающим слоем серебра, стекло превращалось в высококачественное зеркало.

Стекольные мастерские были и в Древней Руси. Так, в Киеве при раскопках были вскрыты слои X–XII вв., в которых археологи обнаружили развалины довольно больших помещений, явно предназначавшихся для изготовления стеклянных украшений. Подобные мастерские примерно того же времени находили и при археологических изысканиях в Костроме. К сожалению, нашествие монголо-татар и последовавшие за ним десятилетия ига прервали традиции стекольного мастерства на Руси, возродившегося впоследствии лишь к XVII в.

Первый стекольный завод в России был построен в 1636 г. близ города Воскресенска под Москвой. На нем выдували оконное стекло и стеклянную посуду. Через 30 лет в селе Измайлово, также под Москвой, был построен завод, на котором изготавливали высококачественные стаканы, графины, фляги, рюмки, кувшины и др. Особенно быстро стеклоделие развивалось при Петре I. В XVIII в. около Москвы действовало шесть стекольных заводов.

### **2.1.2. Состав и свойства традиционных стекол с древнейших времен и до наших дней**

Стекло – неорганическое аморфное изотропное вещество, материал, известный и используемый с древнейших времен. Существует и в природной форме, в виде минералов (обсидиан – вулканическое стекло), но на практике, чаще всего, как продукт стеклоделия – одной из древнейших технологий в материальной культуре. Это структурно-аморфное вещество, агрегатно относящееся к разряду твердых тел. В сущности, присутствует огромное число модификаций стекла, подразумевающих массу разнообразных утилитарных возможностей, определяющихся составом, структурой, химическими и физическими свойствами.



Независимо от химического состава и температурной области затвердевания, стекло обладает физико-механическими свойствами твердого тела, сохраняя способность обратимого перехода из жидкого состояния в стеклообразное, присущее полимерным термопластам. Данное определение позволяет наблюдать, что фигурально к стеклам, в расширенном значении, относят все вещества так называемого стеклообразного состояния по аналогии процессу образования и ряду формальных свойств, поскольку материал, как известно, прежде всего характеризуется своими практическими качествами, которые и определяют более строгую детерминацию стекол как таковых в материаловедении. На сегодняшний день полимерная (высокомолекулярная) природа большинства оксидных стекол доказана, в том числе и в докторской диссертации (Безуглеродные полимерные элементооксаны, М., МХТИ, 1992) профессора О.С. Сироткина.

В Египте было много месторождений песка, некоторые из них были загрязнены посторонними включениями. В них кроме зерен кварца присутствовали раковины мелких морских существ, а сами пески были покрыты пленками, образовавшимися после испарения морской воды. Какой-то гениальный неизвестный мастер сообразил, что такой песок может служить основой для изготовления изделий методом самоглазурования поверхности. Он дополнительно увлажнил песок, доизмельчил его, добавил немного глины для облегчения формования, и мастерская «египетского фаянса» уже в более совершенном варианте заработала. В ней формовались плиты строгих геометрических размеров, как это требовалось строителям. После обжига плиты покрывались глазурью, а размеры изделий сохранялись. Как показали работы по моделированию древних процессов, для такого производства было достаточно иметь температуру в печах  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что в условиях Древнего Египта было делом обычным.

Древние рукописи сохранили сведения о том, какими песками пользовались античные мастера для создания своих изделий. Среди стеклоделов Месопотамии большой популярностью пользовалось месторождение песка в устье реки Белус, протекающей в Палестине. Современные специалисты тщательно изучили этот песок. Он содержал по химическому составу 80 %  $\text{SiO}_2$ , около 4 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , около 9 %  $\text{CaO}$ , весьма незначительное количество (0,12 %)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , остальное – потери при прокаливании. Его минералогический состав включал: 70–75 % кварца, 16–18 % кальцита, около 4 % полевого шпата, около 4 % пироксенов и около 1 % ильменита. Египетский песок также был тщательно

проанализирован, и оказалось, что он существенно отличается от палестинского. В нем содержалось около 60 %  $\text{SiO}_2$ ; 2,25 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 1,7 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; около 19 %  $\text{CaO}$ ; 0,8 %  $\text{MgO}$ ; 0,3 %  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,74 %  $\text{K}_2\text{O}$  и остальное – потери при прокаливании. Минералогический состав египетского песка включал: 50–55 % кварца, 30–33 % кальцита, 5 % полевого шпата, 5 % пироксенов и около 1 % ильменита. Из вышеизложенного становится совершенно очевидным, что исходные материалы для стеклоделия обоих очагов цивилизации были весьма различны.

Самое древнее стекло, подвергнутое химическому анализу, было найдено в 1919 г. в Месопотамии. Дата его изготовления относится к 2800 г. до н.э. Когда был готов анализ этого стекла, ученые были несколько шокированы, так как его состав был достаточно близок к составам современных стекол, которые четко определяются как представители стеклянной тары: 65 %  $\text{SiO}_2$ ; 17 %  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 1–4 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Но находки археологов не были массовыми. Каждый образец был тщательно описан, и все ученые, занимающиеся археологией и историей стеклоделия, знали наперечет о каждом из них. Наконец, было найдено несколько фрагментов древнеегипетской посуды синего цвета, которые датируются 1580 г. до н.э. По очертаниям фрагментов можно было с уверенностью сказать, что это осколки античной посуды. Химический анализ фрагментов дал следующий результат: 64,06 %  $\text{SiO}_2$ ; 15,47 %  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 8,56 %  $\text{CaO}$ ; 3,51 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0,08 %  $\text{TiO}_2$ ; 1,71 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 2,73 %  $\text{MgO}$ ; 0,167 %  $\text{MnO}$ ; 0,213 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0,16 %  $\text{SO}_3$ ; 1,25 %  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0,55 %  $\text{CoO}$ . Получив данные анализа, ученые пришли к выводу, что это стекло было изготовлено не только нагревом шихты, состоящей из песка и золы, но и тем, что для его окраски древний мастер вводил в шихту окись кобальта. Следовательно, можно утверждать, что в Египте в это время умели использовать краситель для придания стеклу более благородной окраски, чем ему придавала окись железа, от которой еще не умели избавляться древние мастера.

Состав стекла практически не изменялся на протяжении многих и многих лет. Лишь в середине XX столетия состав стекла начинает претерпевать изменения. В 1959 г. английский изобретатель Аластер Пилкингтон изобрел флоат – метод производства листового стекла. При этом методе стеклянная лента попадает в ванну с расплавленным оловом, на поверхности которого приобретает ровную качественную поверхность и стабильную толщину. Флоат-стекла, полученные таким методом, не нуждаются в шлифовке и полировке. Это наиболее распространенный сейчас тип стекла.

## 2.2. Медь. История получения меди и ее сплавов

Первое знакомство человека с медью произошло, очевидно, в доисторические времена. В природе медь иногда встречается в самородном состоянии в виде отдельных кристаллов, кусочков и крупных кусков. Самый крупный из когда-либо найденных самородков меди весил 420 т. Интересно отметить, что у некоторых крупных самородков меди, найденных еще в древности, иногда выступающие части были обрублены каменными топорами. Нетрудно представить, сколько усилий потратили первобытные люди для этой операции. Как известно, вначале человек освоил камень. Из камня он научился делать свои первые орудия, и в том числе каменный топор. С помощью каменного топора впоследствии, возможно, был изготовлен медный топор. Таким образом, медь стала одним из первых металлов, который человек начал применять в своей сознательной деятельности.

Медь была хорошо известна в доисторические времена людям, населявшим районы Северной Америки. Там, на побережье Гудзонова залива и берегах Верхнего озера, находили большие самородки меди и обрабатывали ее холодным способом. Этот способ обработки самородной меди сохранился у индейцев до времен Колумба.

Но самородки меди встречаются редко, и уже за несколько тысяч лет до н.э. человек нашел способ получения меди из медных руд. Египтянам, например, медь была известна очень давно, и уже при первых фараонах (5000–4000 лет до н.э.) добыча меди производилась в рудниках Синайского полуострова. С глубокой древности известны медные руды на острове Кипр в Средиземном море. Ученые полагают, что научное название меди «купрум» происходит от наименования острова Кипр, где были медные рудники древних римлян. Русское слово «медь», по мнению некоторых исследователей, произошло от слова «смида», которое у некоторых древних племен, населявших европейскую часть бывшей территории СССР, обозначало любой металл.

Опыт применения этого металла показывал людям древности малую твердость меди, что заставляло задумываться о способах улучшения ее качества. Случайное образование сплава меди с оловом при обработке некоторых руд, содержащих медь и олово вместе, не прошло мимо внимания первобытных «металлургов». Преимущества полученного таким образом сплава послужили толчком к искусственному его воспроизводству. Это открытие, по-видимому, было сделано в Месопотамии (Ирак), откуда впоследствии распространилось по странам Ближнего и Дальнего Востока.

Название сплава меди с оловом – бронза – имеет значительно более позднее происхождение и связано с названием небольшого итальянского торгового городка Бриндизи (итал. *Brindisi*) на берегу Адриатического моря. Среди предметов торговли были и изделия из бронзы (от лат. *Brundisium* – «Эс брундуси», т.е. «медь из Бриндизи»). Бронза тверже меди, более легкоплавка, устойчива на воздухе, легко полируется, хорошо отливается в формы.

«Медный век» длился около тысячи лет – вдвое меньше, чем «бронзовый». Характерно, что в Греции культура меди зародилась позже, чем в Египте, а «бронзовый век» наступил раньше. Руда, из которой выплавляли медь египтяне, не содержала олова. Грекам в этом отношении повезло больше. Они добывали «оловянный камень» иногда там же, где и медную руду. Открытие бронзы произошло, по-видимому, случайно, однако большие твердость и плотность, а также относительная легкоплавкость (добавка 15 % Sn снижает температуру плавления меди с 1083 до 960 °С) позволили бронзе быстро вытеснить медь из многих производственных сфер. В практическую деятельность человека вошла бронза, положив начало «бронзовому веку». Изделия из бронзы отливались у ассирийцев, египтян, индусов и других народов древности. Однако цельные бронзовые статуи древние мастера научились отливать не раньше V в. до н.э. Некоторые из этих произведений искусства достигали гигантских размеров. Таким, например, был разрушенный землетрясением в 227 г. до н.э. Колосс Родосский – достопримечательность древнего порта Родоса, находившегося на одноименном самом восточном острове Эгейского моря. Созданный Харесом около 290 г. до н.э. в честь бога солнца Гелиоса 32-метровый Колосс Родосский стоял над входом во внутреннюю гавань порта. Самые крупные суда свободно проходили под ним с развернутыми парусами.

Высокого мастерства в получении литья из бронзы достигли японцы. Достаточно указать на гигантскую статую Будды в храме Тодайдзи весом более 400 т, отлитую в 749 г., чтобы судить, на каких высотах мастерства находились японские литейщики.

Дошедшие до наших дней статуи (Марк Аврелий, Дискобол, Спящий сатир, Nikeя и др.) свидетельствуют о большом распространении и значении бронзы в искусстве древнего мира. Медь широко использовалась для разнообразных нужд. По свидетельствам историков древности, в Александрии изготавливали фальшивые «золотые» монеты. За 330 лет до н.э. Аристотель писал: «В Индии добывают медь, которая отличается от золота только своим вкусом». Аристотель, конечно, ошибался, но следует, однако, отдать должное его наблюдательности.

Вода из золотого сосуда, действительно, не имеет вкуса. Некоторые медные сплавы по внешнему виду трудно отличимы от золота, например, томпак. Однако жидкость в сосуде из такого сплава имеет металлический привкус. О таких подделках медных сплавов под золото, очевидно, и говорит Аристотель в своих произведениях.

Не только сама медь, но и медные сплавы были известны древним. Химические анализы древних фресок, произведенные английским химиком Г. Дэви, доказывают наличие в них уксуснокислой меди в виде ярко-зеленой краски, известной с давних времен под названием ярьмедянки. Эта краска найдена в живописи терм (бань) римского императора Тита и в стенных фресках Помпеи. В списках товаров, вывозившихся из Древней Александрии, значится «медная зелень», представлявшая, между прочим, предмет роскоши. С помощью этой краски древние модницы подводили зеленые круги под глазами – тогда такой «грим» считали красивым.

В июне 1987 г. отрядом Урало-Казахстанской археологической экспедиции, состоявшей из двух археологов (С.Г. Боталова и В.О. Мосина) и нескольких студентов, было обнаружено укрепленное поселение эпохи средней бронзы рубежа IV–II тыс. до н.э., относящееся к так называемой «Стране городов». Аркаим расположен на возвышенном мысу, образованном слиянием рек Большая Караганка и Утяганка, в 8 км к северу от посёлка Амурский Брединского района и 2 км к юго-востоку от посёлка Александровского Кизильского района Челябинской области Российской Федерации.

Памятник состоит из укрепленного города, двух некрополей и останков древних пастбищ (загонов). Город радиальной схемы сделан из двух круговых стен, одна из которых окружена другой. К обеим кольцевым стенам пристроены помещения, имеющие формы кругового сектора. По сути, город представлял собой крепость, состоящую из двух «многоквартирных» домов. В этом городе жили и работали люди, а животные паслись за пределами города, в том числе и в специальных загонах. В некоторых помещениях обнаружены не только *гончарные мастерские*, но и *металлургическое производство*.

В каждом жилище, кроме колодца, были еще печь и куполообразное хранилище. К ним из колодца шли две земляные трубы. Зачем? А вы заглядывали в колодец? Из него всегда «тянет» холодом. Так вот, одна из труб подавала холодный воздух в хранилище. *Это был «холодильник»!*

*А во второй трубе тот же воздух создавал тягу такой силы, что она позволяла плавить бронзу без использования мехов! Печь была металлургическая.*

Многочисленные медные изделия, найденные в могильниках, подтверждают, что здесь было немало искусных мастеров кузнечного и литейного дела.

В Аркаиме были найдены: сбруи, инструменты шорников, инструменты гончаров, инструменты кузнецов, гончарные изделия, бронзовые наконечники стрел, формы для отливки металлических изделий, наковальни, водопровод, канализация, остатки колесниц, бронзовые ножи, топоры и т.д.

Еще одним неоспоримым фактом в пользу того, что совершенно самостоятельной и чрезвычайно важной сферой хозяйственной деятельности аркаимского населения была металлургия меди, является то, что металлургическое производство базировалось на местной сырьевой базе. Разрабатывались богатые медью окисленные руды, такие как малахит и лазурит, выходившие на поверхность. Наиболее крупными рудниками, разрабатываемыми в период существования «Страны городов», скорее всего, являлись Каргалинский рудник в Оренбургской области (общей площадью до 250 квадратных километров) и рудник Воровская яма, расположенный в 50 километрах к северу от Аркаима, рядом с совхозом Победа Кизильского района.

В настоящее время от рудника сохранилась воронка диаметром 30–40 метров и глубиной до 5 метров, окруженная отвалом шириной по основанию от 5 до 15 метров и высотой 0,8–1,5 метров. Объектом добычи на руднике являлись обломки руды из рыхлых отложений, содержавшие родингиты с жилками и гнёздами малахита. Среднее содержание меди в руде – 2 %. За период функционирования рудника из него было добыто около 6 тыс. т. руды, из которой было выплавлено по примерным подсчётам 10 т. меди.

В старину медными листами покрывались купола многих московских храмов. Одно из величайших сооружений мировой архитектуры XVI в. – колокольня Ивана Великого, находящаяся в центре Московского Кремля, увенчана луковичной формы главой, покрытой позолоченными листами из чистой меди. Расположенная под главой трехстрочная надпись славянской вязью также выполнена на медных листах по синему фону медными позолоченными буквами.

Медными листами покрыта и южная дверь Успенского собора – главного храма Древней Руси.

После того как во второй половине XVI в. француз Христофор Планети – крупнейший издатель и владелец типографии в Антверпене и Лейдене – ввел для воспроизведения иллюстраций гравюру на меди, этот металл стал в больших количествах расходоваться в книгопечатании.

Богатейшие месторождения меди имеются в Конго (Катангский пояс). Материалы, собранные археологами, о древнейших месторождениях датируются тысячелетиями до н.э. Древнейшие выработки меди на территории нашей страны найдены в Закавказье, на побережье Балхаша, в многочисленных пунктах Сибири. Планомерные поиски месторождений меди начинались при Иване III, Иване Грозном и особенно при Петре I. При Иване Грозном в Олонецкий уезд был послан новгородский гость (купец) Семен Гаврилов «для сыску медные руды», где она и была найдена. В 1652 г. казанский воевода сообщил царю: «Медные руды. Сыскано много, и заводы к медному делу заводим». Из документов следует, что с 1562 по 1664 гг. было послано из «Казани к Москве чистыя меди 4641 пудов 6 гривенков». В 1702 г. стала выходить первая русская газета «Ведомости», которую, очевидно, редактировал Петр I. 2 января 1703 г. в ней писали: «Из Казани пишут. На реке Соку нашли много нефти и медной руды, из той руды меди выплавили изрядно, отчего чают немалую прибыль Московскому государству».

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте состав древних стекол.
2. Откуда происходит слово «бронза»?
3. Назовите отличия специфики производства стекла в Древнем Египте, Греции и средневековой Италии.
4. Какова специфика производства меди и бронзы в Древнем Египте?
5. Расскажите об особенностях технологии производства стекла в Древнем Китае.
6. Перечислите особенности структуры стекла в отличие от металлов.
7. Какие существовали области применения стекла в разные исторические периоды?
8. Какова структура меди и ее сплавов?
9. Где применялись медь и ее сплавы в разные исторические периоды?
10. В чем заключаются основные достижения материаловедения до н.э.?
11. Каковы особенности технологии получения и переработки материалов до н.э.?
12. Расскажите о гончарном и металлургическом производствах в Аркаиме.

*Каждый может творить историю,  
но лишь великие люди способны ее писать.*

*О. Уайльд*

### **ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ В ЭПОХУ РЕНЕССАНСА (XIV–XVI ВЕКА). ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ ЛИЧНОСТЕЙ В РАЗВИТИЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ЭТОГО ПЕРИОДА**

Именно на рубеже предыдущего и данного этапа развития технологий и материаловедения зародилась классификация знания людей об окружающем Мире и наметилось появление зачатков науки. Понятие «наука» дословно означает «знание», но нужно понимать, что не всякое знание является научным. Не является научным знание, полученное на основе простого наблюдения и практической деятельности на житейском уровне, т.е. на уровне простого описания фактов и процессов, без вскрытия закономерностей, лежащих в их основе, вплоть до создания соответствующей теории. Критерием правильности научного знания является практика, основанная на научном эксперименте. Научное знание воспроизводимо и раскрывается через обнаружение закономерностей, связывающих отдельные факты в единое целое и объясняющих природу материального объекта (состав, тип взаимодействия «элементов» и специфика структур), особенности его свойств и причины протекания того или иного материального явления.

*Исторически* первоначальные знания носили прикладной характер, играя роль методических руководств конкретными видами человеческой деятельности (*бытовое знание*). Отдаленной предпосылкой научного знания следует считать *мифологию* как попытку построить целостную систему представлений человека об устройстве окружающего его Мироздания. Однако в силу своего религиозно-антропоморфного характера эти представления очень далеко отстоят от научного знания. Реально же для появления научного знания необходимо возникновение двух условий: высокий уровень развития производства и общественных отношений (приводящих к разделению умственного и физического труда, т.е. возможность систематических занятий наукой) и широких культурных традиций, определяющих свободный обмен достижениями разных культур и цивилизаций.



История науки свидетельствует о следующих тенденциях в развитии знания (при этом в своем познании Вселенной человечество прошло три стадии и сегодня вступило в четвертую). На первой стадии произошло формирование общих синкретических (нерасчлененных) представлений о Мироздании как о чем-то едином целом – *натурфилософия (философия Природы)*, как о всеобщем вместилище идей и догадок, заложивших к XIII–XV столетиям зачатки естественных наук. Эту *первую стадию* можно отнести к «*псевдоинтегральной*», так как без опоры на научную основу Вселенная рассматривалась как единая система. Интересно, что именно в этот период (VI–IV вв. до н.э.) произошла *первая революция* в развитии знания: науку стали отличать от других форм познания Мира. Яркий представитель этого периода – древнегреческий философ Аристотель, который создал формальную логику, понятийный аппарат и заложил основы организации научного исследования, включая начала дифференциации научного знания. Основой общенаучной системы Аристотеля была геоцентрическая система Мироздания, которая пользовалась непререкаемым авторитетом более 1000 лет!

Затем после XV–XVI вв. последовала *вторая – аналитическая стадия*, обеспечивающая выделение (дифференциацию) более частных естественных наук (химия, физика, биология и т.д., наряду с издавна существовавшей астрономией). Интересно, что именно в этот период (XVI–XVIII вв.) произошла и *вторая научная революция*: переход от геоцентрической системы Мироздания (просуществовавшей около 2000 лет) к гелиоцентрической – движение планет вокруг солнца (Н. Коперник, Г. Галилей, И. Кеплер, Р. Декарт, И. Ньютон и др.). Представители этого этапа особое внимание уделяли математизации естествознания, важности эксперимента, опирались на новую гелиоцентрическую модель Вселенной, а механика провозглашалась как основа классического естествознания. Следствием данной стадии явилась дифференциация научного знания, приведшая к появлению в XXI в. порядка 17 тысяч специальных дисциплин.

Рассмотрим отдельные достижения в области материаловедения в этот исторический период.



### ВАННОЧЧО БИРИНГУЧЧО

Ванноччо Бирингуччо (итал. *Vannoccio Biringuccio*) (родился 20 октября 1480 г. (Сиена) – скончался 30 апреля 1539 г. (Рим)) – итальянский химик, металлург, материаловед и архитектор, долгое время изучал алхимию, металлургию и литейное дело в Италии, Чехии и Австрии. Некоторое время был директором монетного двора в Сиене, но в 1515 г. за изменение состава монетного сплава был изгнан из города. Будучи известным по всей Европе мастером-литейщиком, занимался изготовлением военной техники во Флорентийской республике. Здесь в 1529 г. Бирингуччо отлил одну из самых крупных для того времени пушек весом свыше 6 т и длиной 6,7 м. В 1531–1535 гг. вновь проживал в Сиене; в последние годы жизни занимал должность главного литейщика Ватикана.

*Бирингуччо был одним из первых, кто заметил увеличение веса металлов при их обжиге на воздухе (кальцинация, т.е. превращение в «известь»).* Главным научным сочинением Бирингуччо стал его классический труд «Пиротехния» (*Pyrotechnia*, от греч. – «огонь» и «искусство», «ремесло») в 10 главах (по терминологии того времени «книгах») (см. рис. 2). В данном труде рассмотрены многие вопросы химической технологии начала XVI в. «Пиротехния» Бирингуччо стала уникальной для своего времени технической энциклопедией и приобрела широчайшую известность во всей Европе.



Рис. 2. Обложка 10-й «книги» Бирингуччо «Пиротехния»

В этом сочинении Бирингуччо привел множество практически важных сведений о металлургии, горном и литейном деле, приемах пробирного анализа, гончарном и стекольном производствах и т.п. Он подробно описал плавильные печи, воздуходувные меха, разнообразные механизмы, приемы и операции, применяемые при изготовлении крупных отливок – пушек и колоколов, рассмотрел способы добычи золота и серебра, описал технику амальгамирования и метод приготовления азотной кислоты. Последний том книги посвящен приготовлению пороха и разнообразных пиротехнических составов. Некоторое место («девятая книга») было отведено в «Пиротехнии» и изложению алхимических идей; местами Бирингуччо довольно резко отзывается об алхимиках, называя их шарлатанами. Сам Бирингуччо при рассмотрении технологических процессов явно предпочитал основываться на опытных данных, а не на алхимических теориях.

Из «Пиротехнии» стало известно, что до XVI в. кровельные свинцовые листы изготавливались отливкой на наклонных досках. Появление первых прокатных станков с ручным приводом заложило основы для развития более прогрессивной технологии получения свинцовых и оловянных листов. В XVII в. прокатка свинцовых листов уже достигла значительных масштабов. В Англии, например, существовали предприятия, оснащенные крупными прокатными станами для прокатки свинца. Они приводились в действие с помощью гидравлических двигателей или конной силой. На этих станках примерно 1691 г. прокатывались листы шириной до 3 футов (1,06 м).

Необходимо отметить, что прокатный стан состоял из двух прокатных валков, выполненных из литого железа, диаметром около 300 мм и длиной более 1,5 м, весом 1270 кг. Стан был снабжен механизмом для изменения направления вращения валков, состоящим из системы шестерен. Введение реверса валков значительно облегчило работу на стане, так как отпала необходимость поворачивать лошадей для вращения валков в обратном направлении. Кроме того, с введением реверсного механизма уже не требовалось переносить тяжелые свинцовые плиты весом до 1100 кг на противоположную сторону стана для повторной прокатки. Реверс позволил вновь прокатывать эту же полосу, задавая ее в валки с противоположной стороны стана. Для перемещения прокатываемого металла к валкам на стане были предусмотрены деревянные ролики, представляющие собой прообраз современного рольганга, широко применяемого в прокатном производстве. Отлитая свинцовая заготовка поднималась на ролики специальным поворотным краном. Для обслуживания стана при заводе постоянно держали 6 лошадей, а для их обслуживания требовалось 6 рабочих. В течение 10 рабочих часов можно было довести толщину листа с 45 до 2,5 мм, для чего требовалось около 200 пропусков. Развитие производства катаных свинцовых листов стимулировалось применением их для обшивки кораблей.

Имеются сведения о существовании в России в начале 80-х годов XVIII в. листопркатного производства. В 1782 г. на Чермо́зском заводе (Урал) был пущен стан для прокатки кровельного железа. Листы изготовлялись размером в один квадратный аршин и весом не менее 10 фунтов.

В 1791 г. во Франции отец и сын Жамены, а также Понселе из Седана получили патент на прокатку железа и стали.

Примерно в это же время прокатные станы были установлены на заводе Добсона в Вогуэне, а также на заводе Ж.-Ф. Клуэ под Седаном. Существовало прокатное производство в Льеже.

Однако почти повсюду листовое железо продолжало производиться ковкой. В работах ряда известных ученых и специалистов XVIII в. можно встретить высказывания, в которых отмечают причины, сдерживающие в то время развитие прокатки листового железа.

Так, по мнению французского металлурга Э. Бшю, трудность введения прокатных станов состояла в том, что железо, даже будучи «размягчено калением», дает крайне тяжелую нагрузку на прокатные валки и производство такого рода требует применения мощных гидравлических колес и значительного расхода воды. Именно этим можно объяснить тот факт, что процесс листовой прокатки получил распространение в другой

области металлообрабатывающего производства, связанной с выделкой листов из мягких металлов – свинца и олова, значительно легче поддающихся пластической деформации.

### *Книги и трактаты В. Бирингуччо*

В 1505 г. была издана «Обстоятельная и полезная книга о том, как искать и находить руды, о всяческих металлах, с сообразными изображениями гор, добропоказанными с приложением названий гор, преползшая начинающим рудокопам» («Горная книжка»). Автором этой книги был городской врач и бургомистр города Фрейберга У.Р. Кальбе. Книга написана в форме диалога между рудокопом Данилом и его молодым помощником. В этой небольшой книжке можно встретить самые разнообразные представления, заимствованные у Аристотеля, алхимиков и астрологов.

Известно, что в 1523 г. в Яхимове была широко распространена рукопись народного поэта Ганса Рудхарта, содержащая сведения о методах разработки месторождений полезных ископаемых. Можно предположить, что большое количество записных книжек велось квалифицированными металлургами. Некоторые из них сохранились до настоящего времени в музеях техники и в частных коллекциях.

Таким образом, на вышеописанном общем фоне Бирингуччо предстает в качестве «первого землемера металлургических процессов». Его книга «Пиротехния» явилась, по существу, первой производственно-технической энциклопедией эпохи Возрождения. Она посвящена горному делу, получению и обработке черных и цветных металлов, описанию производства многих химических веществ, орудий труда и предметов домашнего обихода.

Труд «Пиротехния» содержит 10 «книг» (глав), включающих 168 октав текста и 84 вырезанные на дереве иллюстрации. На первых страницах своей книги Бирингуччо излагает общие взгляды на процессы образования в земной коре различных металлических руд и минералов, включая соли, некоторые из которых упоминаются им впервые.

В первой главе приводятся сведения о разведке месторождений руд, золота, серебра, меди, свинца и железа и свойствах чистых металлов и сплавов. Бирингуччо описывает существовавшие в то время способы добычи золота путем промывки песка, содержащего этот благородный металл, а также технологию амальгамации, при которой металл удаляется из руды при помощи ртути, образуя с ней сплав – амальгаму. Особенно подробно описаны амальгамация серебра, а также разные способы выделения золота и серебра из сплавов, содержащих оба металла.

Большое место в труде Бирингуччо отведено описанию месторождений железных руд, процессам получения железа и стали. В книге содержатся подробные сведения о плавильных печах, в том числе о печах шахтного типа, снабженных большими воздуходувными мехами.

Вторая глава посвящена описанию производства ртути, серы, сурьмы, квасцов, купороса, хлористого натрия, каменной соли и других полезных ископаемых. Значительная часть главы посвящена технологии производства широко распространенных в то время материалов – растительных и минеральных красок, угля, кислот, спиртов, железного и медного купоросов, изделий из стекла и керамики.

Процессы обогащения полезных ископаемых описаны в третьей книге, в которой автор коснулся вопросов опробования руд. В этой связи характерны следующие высказывания Ванноччо Бирингуччо в отношении медных руд: «Так как простым глазом невозможно проникнуть в глубь руды (кристалла), необходимо иметь познания в опробовании руды. Для этого необходимо добытую руду в открытом виде рассмотреть много раз с большой тщательностью. Если на сером фоне породы с небольшими зелеными прожилками будут заметны фиолетовый и желтый цвета, это обещает выгодные результаты и указывает на значительные количества меди».

Интересны взгляды Бирингуччо относительно метода подготовки руд к плавке. Автор указывает, что опытные специалисты умеют определять, как следует сортировать руду, как отличать хорошую руду от плохой, освобождать руду от земли (пустой породы) путем дробления. И далее Бирингуччо заключает: «В конечном счете, по приговору глаза и применяя обжиг и промывку руды в несколько приемов, устанавливают наличие полезных компонентов».

В четвертой главе рассмотрены аффинаж золота и приготовление азотной кислоты, в пятой главе – получение лигатур золота, серебра и олова. Бирингуччо сделал, возможно, первую попытку дать определение сплаву как «смеси металлов, находящихся в дружеском сотрудничестве». В работе Бирингуччо большое внимание уделяется описанию методов анализа металлических сплавов, который в то время имел особенно большое значение в монетном деле, подробно описывается производство металлических зеркал и зажигательных стекол.

В связи с тем, что во времена Бирингуччо особенно большое значение приобрело литейное дело и прежде всего литье пушек и колоколов, все вопросы, связанные с ним, описаны в шестой главе. В описании некоторых операций, выполняемых металлургами, Бирингуччо превзошел других, особенно в изготовлении оружия

и колоколов. Их производство он изобразил, используя богатые знания, которые, очевидно, были накоплены его личным опытом. Раздел книги, посвященный колоколостроению, представляет особенный интерес не только в технике описания, но и в художественном оформлении колоколов, наглядно изображены весы, на которых можно было взвешивать колокола массой от 10 до 10000 кг.

В седьмой главе даны подробные описания конструкций различных размеров плавильных печей, восьмая содержит описание способов формовки и отливки мелких предметов.

В девятой главе «Пиротехнии» рассказывается о ковке и термической обработке металлов, сообщается о секретах закалки и отпуска стали, описываются жидкости, используемые для закалки, – вода, масло, влажные травы, в которые погружался нагретый металл.

Мастера и ремесленники эпохи Возрождения, обрабатывая сталь, внимательно следили за цветом металла в процессе его обработки. В «Пиротехнии» сообщается о «серебряном» нагреве, когда сталь раскаляется добела, о «золотом», соответствующем желтому цвету металла, сине-пурпурном цвете, когда можно было заканчивать закалку, и, наконец, пепельно-сером цвете холодной стали. «Если вы хотите иметь твердую сталь, – утверждает автор, – нагревайте ее хорошо и быстро охлаждайте в холодной воде».

Последняя, десятая глава относится непосредственно к пиротехнике – производству и применению пороха и других взрывчатых и зажигательных составов и снаряжаемых ими изделий. Начинается глава с описания производства селитры, основной составляющей части черного пороха и других пиротехнических веществ. Далее рассказывается о применении взрывчатых веществ в военном деле, для стрельбы из артиллерийских орудий, изготовления мин, а также устройства праздничных фейерверков. Бирингуччо привел подробное описание производства огнестрельного и пиротехнического вооружения, которое было актуальным около двух столетий. Множество видов вооружения описано в «Пиротехнии» с подробными инструкциями по применению. Во всех подробностях приведена отливка пуль, представлено руководство по изготовлению бомб.

*Бирингуччо не был первооткрывателем ни одного метода, описанного им в книге, но он был первым, кто описал все детали искусства работы с металлом, так что «Пиротехния» представляет собой важнейший источник знаний для студентов практически во всех отраслях металлургии.* Замечательная работа Бирингуччо получила широкую известность в XVI и XVII вв. В то время она выдержала 5 изданий на итальянском и 3 издания на французском языках.

### *Предшественники и последователи Бирингуччо*

До конца XV в. единственной широко известной и доступной книгой о процессах металлургии был латинский манускрипт, написанный около 1000 г. н.э. Теофилом Монахом (Теофилусом Монком). В нем рассказывалось о том, как, используя силу работников монастырей, выплавлять различные металлы и сплавы и «направить работу искусства во славу церкви».

Но в начале XVI в. рукописи и небольшие издания о горно-металлургическом производстве стали появляться в Европе практически повсеместно. Развитие ремесла и отсутствие специальных технических книг вызывали необходимость в создании рукописных пособий, благодаря которым передавался из поколения в поколение опыт производства. Одним из примеров вышеупомянутого технического пособия является рукопись чешского мастера Лаврентия Кржички из Битишки. Она написана по-чешски и содержит в себе практические советы и данные для колокольных мастеров, литейщиков пушек, мастеров по производству металлической посуды и насосов. Эта рукопись очень содержательна и кроме различных описаний снабжена многочисленными хорошо выполненными чертежами. В ней, в частности, дано описание конструкций плавильных печей, приводятся составы, употреблявшиеся для отливки, сообщаются способы приготовления глин для форм и рецепты производства сплавов.

Вслед за Ванноччо Бирингуччо в 1544 г. появился обширный труд «Космография» немецкого ученого Себастиана Мюнстера (1489–1552 гг.), над которым Мюнстер работал 18 лет. Этот труд в течение 100 лет выдержал более 45 изданий на немецком, латинском, французском, итальянском, английском и чешском языках. Среди прочих сведений автор приводит много данных по горному делу, в том числе и по обогащению полезных ископаемых.

Не являясь сам специалистом в области горного дела, Мюнстер опирался в основном на труды античных авторов и своих современников, в том числе на ранние сочинения Агриколы, относящиеся к 1530–1546 гг. Он сам писал: «Все то, что касается горного дела, я взял из книг глубоко сведущего и широко образованного человека, Георгия Агриколы, который ныне еще жив и пребывает в Хемнице ...».





### ГЕОРГ БАУЭР

Бауэр Георг (нем. *Bauer, Georg*) (родился 24 марта 1494 г. (Глаухау, Саксония) – скончался в 1555 г.) – немецкий учитель, врач, ученый и писатель. Он один из образованнейших людей своего времени, современник Леонардо да Винчи и Микеланджело, доктор медицины и философии, крупнейший исследователь горного дела и металлургии, работал бургомистром в городе Хемнице в Саксонии. По традиции эпохи Возрождения он изменил свое имя и вошел в историю под псевдонимом Георгиус Агрикола (*Agricola, Georgius*).

В 1514 г., окончив латинскую школу в городе Цвиккау, он поступил в Лейпцигский университет, где изучал философию, филологию и теологию. Название первой его работы, опубликованной в 1520 г., – «Книжка о первом и простом обучении грамматике» – ни в коей мере не намекало на предметы его будущих увлечений, но тем не менее свидетельствовало, что человек, взявшийся обучать грамматике, должен был сам хорошо владеть ею. Издав свое грамматическое сочинение, Георг Бауэр, однако, не испытал чувства удовлетворения. В том же Лейпцигском университете он решил заняться изучением медицины. Уровень преподавания был там недостаточно высок, поэтому для продолжения медицинского образования Георг Бауэр в 1524 г. отправился в Италию. В этом крупнейшем очаге культуры эпохи Возрождения он слушал лекции выдающихся профессоров. В университетах Болоньи и Падуи изучал в подлинниках труды Аристотеля, Архимеда, Витрувия, Плиния Старшего и других мыслителей античности, знакомился с воззрениями Авиценны и средневекового арабского ученого

Джабира ибн Хайяна. В Болонье он получил диплом врача, перевел и издал рукописный труд великого римского медика Клавдия Галена и одновременно читал лекции по философии.

В это время Агрикола проявляет талант незаурядного гуманиста-просветителя. Крупнейшие учебные заведения Италии наперебой приглашают его преподавать. А он неожиданно возвращается на родину в Саксонию, чтобы занять незавидную должность городского врача в Хемнице. Поступок Агриколы кажется странным, но только на первый взгляд. Еще в Италии у него появилось новое увлечение: исследование полезных ископаемых, процессов их добычи и переработки. Однако в Хемнице Агрикола пробыл недолго.

В 1527 г. он переезжает в город Иоахимстале (ныне город Яхимов в Чехии). Этот город в то время был крупнейшим горнорудным центром Европы. Здесь добывали серебряные, медные, свинцовые и другие руды. Иоахимсталь, где Агрикола жил на скромное жалованье городского врача, стал для него основной творческой природной лабораторией. Агрикола не только занимался врачебной практикой среди горняков, нуждавшихся в опытном враче, но и изучал геологию, минералогию, горное дело и металлургию. Он совершенствовал свои знания, изучая множество литературных источников, посвященных минеральному царству природы и способам извлечения из земных недр различных металлов. «Естественная история» Плиния Старшего и «Пиротехния» итальянского инженера и ученого Ванноччо Бирингуччо стали его настольными книгами. Вот как сам Агрикола пишет о своих предшественниках: *«я же имею одного лишь Кая Плиния Секунда, которому мог бы следовать, да и он излагает лишь весьма немногие способы извлечения руд и устройства рудников. Ибо трудно какому-либо писателю трактовать горное дело в целом или даже писателям, которые касались его в отдельных местах своих сочинений, один – одного его предмета, другой – другого, исчерпывающим образом изложить хотя бы какую-либо отдельную его отрасль. Но даже и таких писателей весьма немного. Ведь из всех греков один лишь Стратон из Лампсака, преемник Теофраста, выпустил единственную книгу «О горных машинах». Даже «рудокон» у поэта Филона не таит в себе хотя бы одной крупицы этого искусства. Да вот еще Феракрат, кажется, ввел в одну из своих комедий рабов-рудокопов и приговоренных к работам в рудниках. А из латинских писателей Плиний, как я уже заметил, изложил лишь весьма немногие приемы работы в горном деле. К древним авторам я считаю уместным присоединить и некоторых современных, ибо никто не мог бы избежать справедливых нареканий в том случае, если бы он*

обманным путем обошел похвалами тех, чьими сочинениями, как бы их ни было мало, он пользовался. Именно на нашем немецком языке написаны две книжки: одна из них неизвестного автора об испытании рудной материи и рудников, крайне неясная, и другая – о рудных жилах, о чем также, как передают, писал по латыни Пандульф; вторую из упомянутых немецких книг составил Кальбе из Фрейберга, видный врач. Ни тот, ни другой не изложили исчерпывающим образом ту отрасль, которой они занялись. Да вот еще недавно Ванноччо Бирингуччо из Сиены, муж, сведущий во многих вещах и обладающий красноречием, разобрал на итальянском языке вопросы, касающиеся выплавки, отделения и сплава металлов. Однако он лишь вскользь коснулся способа выплавки многих из них. Более ясно он изложил способы получения некоторых растворов. Читая у него о последних, я вспоминал, как в свое время наблюдал в Италии их изготовление. Всех же остальных предметов, о которых я пишу, он не касался вовсе, или если касался, то лишь слегка.

Вскоре Агрикола написал в форме диалога свою первую книгу по горному делу «Берман, или о горнорудном деле», изданную в 1530 г. В Базеле. Работа над этой рукописью побудила его приступить к созданию более обстоятельного руководства по горному делу и металлургии. Таким трудом явилось его основное сочинение «De Re Metallica» (рус. перевод «О горном деле и металлургии») в XII книгах (рис. 3), на подготовку которого он затратил больше 20 лет.

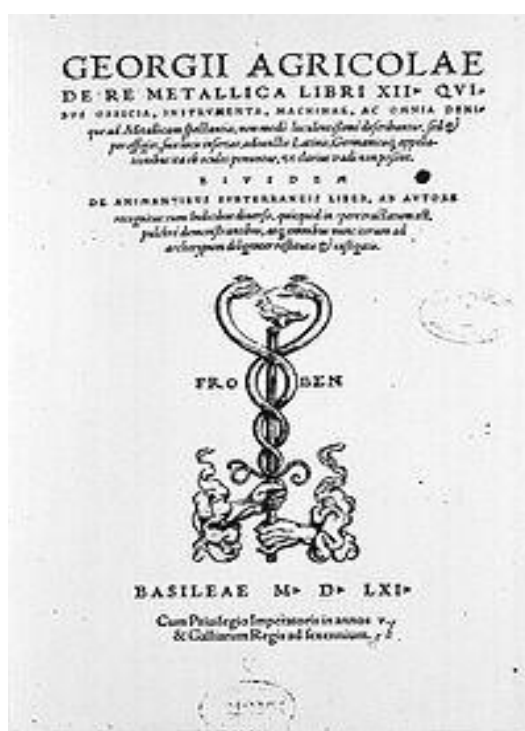


Рис. 3. Обложка трактата «De Re Metallica»

Вот что пишет Георгиус Агрикола о своей книге: «... я составил сии двенадцать книг о горном деле и металлургии. Первая из них приводит все то, что могут говорить против горного дела, против рудников и рудокопов, и все то, что им может быть сказано в ответ. Вторая дает наставления горнякам и переходит к тому, что им надлежит делать для нахождения руд. Третья рассказывает о рудных жилах, их расселинах и стыках. Четвертая изъясняет способ обмера рудных жил, а также рассматривает горные обязанности. Пятая учит рытью копей и маркшейдерскому искусству. Шестая описывает горные инструменты и машины. Седьмая говорит об опробовании руд. Восьмая наставляет искусству обжигания, дробления, промывания и сушки руд. Девятая излагает искусство выплавки руд. Десятая научает посвящающих себя горному делу отделять серебро от золота, а также свинец от серебра. Одиннадцатая передает способ отделения серебра от меди. Двенадцатая дает наставления для добычи соли, натра, квасцов, сапожного купороса, серы, битума, получения стекла. Весь же взятый мною на себя труд заключается в том, что, хотя я о многих вещах исчерпывающим образом не сказал, все же я приложил все старания к тому, чтобы это сделать».

Выдающиеся знатоки многих областей знания создавали в то время энциклопедические труды. Это являлось характерной чертой эпохи. Такие мыслители, как: Леонардо да Винчи, Николай Коперник, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер и др. – наметили замечательный путь, создали эпоху обобщений, систематизации опыта, постановки широких проблем. Металлургия того времени переживала период быстрого развития, и в связи с этим возникла задача обобщения веками накопленного опыта.

То была эпоха широкого распространения гуманизма, борьбы с обветшалыми предрассудками и устаревшими доктринами Аристотеля, дальше которых не шла средневековая схоластическая ученость, борьбы с мировоззрением церковников, особенно с реакционнейшим влиянием папства.

Развитие экономики требовало систематизации знаний и достаточно широких обобщений. Эту задачу и выполнил в области горного дела и металлургии Георгиус Агрикола. У него были предшественники и современники. Почти одновременно с «*De Re Metallica*» была написана энциклопедия металлургии и пиротехники «*De la Pyrotechnia*». Прямыми предшественниками Агриколы были Ганс Рудгарт, опубликовавший (1523 г.) в Яхимове книгу по рудному делу, и Себастьян Мюнстер, посвятивший главы своей книги «Космография» (1544 г.) добыче и обогащению руд, а также весьма кратко и выплавке металлов.

Хотя и имелись другие достойные авторы, но лишь Агрикола не только поставил, но и достаточно полно разрешил задачу, которую не смогли выполнить его современники и предшественники. Ему удалось создать такую энциклопедию горнорудного дела и металлургии, которой пользовались в течение длительного времени.

На смену этой книге пришли другие, подобные ей, только лишь в XVIII в., когда опубликовали свои труды директор заводов Нижнего Гарца Шлютер (1738 г.), русские ученые – Михаил Ломоносов (1763 г.) и Иван Шлаттер (1760 г.).

Длительная проверка временем является лучшей характеристикой общепризнанного труда Г. Агриколы.

Чтобы получить необходимый материал для этой книги, он предпринимает многочисленные поездки в Тюрингию, Моравию, Силезию и другие районы горной промышленности, усиленно изучает труды своих предшественников: античных авторов, ученых Востока, сочинения средневековых алхимиков, рукописные руководства практиков-горняков.

На Г. Агриколу оказало влияние мировоззрение Аристотеля и его учеников. Однако он не был слепым его последователем. Агрикола широко использовал труд Плиния, особенно в своих сочинениях, посвященных истории горного дела, но Плиний, как замечает он, «излагает лишь весьма немногие способы извлечения руд и устройства рудников».

Агрикола внимательно следил за алхимической литературой, но он скептически относился к исканиям алхимиков, которые, по его словам, «денно и ночью напрягают все свои силы, чтобы получить возможность накопить великие груды золота и серебра». Наряду с этим в средневековой Европе работало много практиков-химиков, горняков, литейщиков, использовавших вековой опыт и знания, передаваемые из поколения в поколение. Деятельность этих практиков и составленные ими рукописные руководства были одним из источников, откуда Агрикола черпал материал для своих трудов.

Говоря о предшественниках Агриколы в области горного дела, следует указать и на некоторые труды Леонардо да Винчи в области конструкций насосов, гидравлических колес и других машин, применявшихся тогда в горном деле.

Агрикола выдержал упорную борьбу с противниками горного дела, доказывавшими якобы полную нецелесообразность добычи руд и выплавки из них металлов. Агрикола ревностно отстаивал мысль, что горное дело полезно и необходимо человечеству. Без применения

металлов не обходится ни одна область человеческой деятельности. Горное дело не будет опасным, если горняки освоят правила и методы ведения работ.

В начале XVI в. в результате практической деятельности было накоплено много фактических сведений о минералах, рудах, окаменелостях, горных породах и строении земной коры. Дальнейшее развитие горной промышленности настоятельно требовало обобщения имевшихся данных и правильного истолкования явлений и процессов, происходящих в природе. В этом отношении большой интерес представляют труды Агриколы, в которых он сделал попытку разработать научные основы геологии и минералогии.

Агрикола противопоставил богословским утверждениям о «сотворении мира» и «всемирном потопе» свои стихийно материалистические воззрения на природу.

Примером может служить его представление о происхождении металлов. Он высмеивал широко распространенное мнение о том, что будто бы скалы и содержащиеся в их жилах металлы и драгоценные камни созданы богом при сотворении мира такими, какими мы находим их сейчас. Его труды по геологии и минералогии содействовали борьбе естествознания с религией. Он стремился своим выводам найти подтверждение в природе. Он говорил, что те явления, которые мы видим своими глазами или воспринимаем другими органами чувств, могут быть гораздо лучше поняты и разъяснены, чем явления, постигнутые путем рассуждений.

На основании своих геологических представлений Агрикола предложил способы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

Агрикола дал рекомендации для выбора места заложения рудника. От этих условий во многом зависела как себестоимость добытой руды, так и успех горного предприятия.

Агрикола описывает способы вскрытия месторождения штольной, вертикальным шахтным стволом и наклонным шахтным стволом. В его книге освещается техника добычи полезных ископаемых, описываются устройства для подъема, вентиляции и водоотлива.

Большой интерес представляют взгляды Агриколы в области металлургии, обогащения руд и пробирного анализа.

Седьмая глава (по терминологии того времени «книга») посвящена пробирному анализу. Ее с полным основанием автор предпослал дальнейшим главам по металлургии. Включение пробирного анализа как введения к систематическому изложению металлургии являлось весьма продуманным и прогрессивным шагом.

В начале изложения пробирного анализа автор рассматривает его значение для металлургии. Он указывает на то, что «для того чтобы добытую руду плавить с пользой для дела и получать из нее путем отделения шлаков чистые металлы, чрезвычайно важно предварительно ее опробовать».

Значение пробирного искусства для металлургии XVI в. было весьма велико. Ввиду отсутствия научных основ количественного химического анализа единственная возможность установления содержания металлов состояла в лабораторном копировании металлургических операций, выполняемых при выплавке металлов из руд. Следует удивляться тому, что в практическом отношении до сих пор можно было бы пользоваться некоторыми описаниями процессов, весьма детально изложенными в этой книге.

Кроме плавки для определения золота и серебра, достаточно подробно рассмотрен процесс плавки для определения в рудах свинца, ртути, олова, а также способы определения содержания железа и висмута. Значительное место уделено выявлению достоинств сплавов золота и серебра.

При рассмотрении способов подготовки руд к плавке («Книга восьмая»), исходя из оценки естественных форм нахождения руд, делается вывод о необходимости отделения загрязнений, встречающихся в рудах.

Для этого довольно детально рассмотрены сортировка, дробление молотами при помощи предварительного накаливания, измельчение пестами, истирание в порошок, просеивание, промывка, обжиг (окислительный) и прокаливание. Следует отметить хорошее качество весьма четких иллюстраций в книге Агриколы, разъясняющих смысл технических операций. Это особенно относится к разделу подготовки руд к плавке. По существу, этот раздел охватывает в данном труде более широкий круг вопросов, чем только подготовка к плавке, так как здесь, как отмечает автор, рассматриваются также методы извлечения самородных металлов.

Автор детально выясняет затруднения, возникающие при металлургической переработке руд в присутствии некоторых примесей. Поэтому уже в трактовке Агриколы смысл подготовки руд к плавке состоит не только в повышении содержания основного металла, но также и в удалении компонентов, создающих нежелательные продукты плавки (мышьяк, сурьма), осложняющих ход ее (избыток серы) или ухудшающих качество получаемого металла (сера, сурьма, мышьяк, висмут и т.д.).

Следует отметить переломный момент развития техники обработки руд, отраженный в «*De Re Metallica*». Описываются методы, возникшие в эпоху рабовладельческого общества и отражавшие исключительную роль физического труда в таких операциях, как ручное толчение, истирание и сортировка руд с последующей их промывкой в чашах и на лотках.

Развитие в недрах феодального общества новых производственных отношений ставило вопрос о росте производительности труда, и хотя она по-прежнему оставалась низкой, но тем не менее возникали новые экономические стимулы и возможности для ее развития.

Наряду с широким применением ручного дробления и ручной породыотборки и разделения руды по сортам возникают новые методы механической обработки руд. Несомненно, крупнейшим достижением явилось применение свободно падающих пестов в толчейных мельницах. Эти толчейные ставы, объединявшие по нескольку пестов, дробящих руду в толчейном корыте, появились в технике обработки руд в XV и XVI вв.

В книге Агриколы изображены как четырех-, так и трехпестовые толчеи, приводимые в действие от водяного колеса, посаженного на горизонтальный вал. Стержень с массивным пестом, обшитым железом, падает на рабочую поверхность корыта или досок и мелко дробит куски руды.

Измельчение в толчеях производилось сухое и мокрое. Если требовалось тонкое измельчение, то применяли горизонтальный жернов, который вращался от вертикального вала, приводимого в действие через зубчатую деревянную передачу от водяного колеса, посаженного на горизонтальный вал.

По описанию Агриколы, иногда строили золотоизвлекающие установки, в которых совмещались следующие операции: дробление, измельчение, грохочение, промывка золотой руды, затем амальгамация для извлечения золота перемешиванием с ртутью. Руда после дробления в толчее поступала в рудный ларь верхнего мельничного жернова и, постепенно удаляясь через отверстия, измельчалась в порошок. Измельченная руда поступала последовательно в три чана с вращающимися в них мешалками. В эти чаны заливалась ртуть для извлечения золота амальгамацией.

Другой процесс обогащения, весьма детально описанный Агриколой, представлял обогащение измельченных руд и песков россыпных месторождений на шлюзовых концентрационных устройствах. Эти методы обогащения детально рассмотрены применительно к извлечению золота и к получению оловянного (касситеритового) концентрата.



Следует отметить указания на интересные тенденции к механизации при обогащении путем новых конструктивных решений. К таким случаям относится толчейный агрегат с четырьмя ставами для последовательного использования воды с двух верхних колес на двух нижних. Наряду с весьма трудоемкими ручными способами применялся также гидравлический смыв с наклоняющихся шлюзов, имеющих матерчатый покров. Термические операции подготовки руд к плавке описаны сравнительно кратко. Кроме обжига руд и вышеуказанного прокаливания перед дроблением, также описан обжиг руд и штейнов в закрытых и открытых печах, применяемый как при многократном обжиге штейнов, так и для удаления вредных примесей и для подготовки упорных золотых руд. Следует отметить весьма детальное описание методов дробления, грохочения и гравитационного обогащения на шлюзах, ручной отсадки и промывки. Разбор, оценка и техническая характеристика этих методов весьма хороши. Они основаны на сопоставлении практики обогащения во многих странах. Автор ссылается на практику многих районов Германии, Чехии, Словакии, Карпат, Тироля, Португалии, на практику итальянских мастеров, Испании, Каринтии, Швейцарии, Польши. Возможно, что при ссылке на лузитанцев (португальцев) Агрикола имел в виду также практику обогащения оловянных россыпей в Малакке. Такой широкий охват производственного опыта, накопившегося в самых различных местах, возможен был только при просмотре и анализе многих письменных и устных источников. Следует оценить по достоинству то, что при наличии столь различной информации в книге содержатся проверенные, практически ценные сведения о производственных процессах.

«Книга восьмая» является блестящим историческим памятником, отражающим практику обогащения руд и россыпей, в основном золотых и оловянных. В ней автор останавливается также и на применении обогащения к продуктам металлургической плавки, например, к извлечению на шлюзе (герде) корольков свинца и штейна из дробленного шлака.

Металлургические процессы, описанные Агриколой в «Книге девятой», охватывают производство преимущественно следующих металлов: свинца и серебра, олова, золота, железа, меди и ртути. Следует иметь в виду, что кроме этих металлов, в книге Агриколы упоминаются как самостоятельные металлы, в отличие от прежних взглядов, висмут и сурьма.

Химия во времена Агриколы находилась в весьма примитивном состоянии для того, чтобы ею можно было пользоваться для обоснования

теории металлургических процессов, поэтому он не мог разработать научные основы металлургии. Являясь в то же время выдающимся минералогом своего времени, Агрикола смог систематизировать и описать металлургические процессы.

Автор указывает, что *«руды сильно отличаются, во-первых, по металлам, которые в них содержатся, затем по количеству содержащегося в них металла, а также по тому, что одни из них быстро плавятся на огне, а другие – медленно. Поэтому существует много способов плавки»*.

Весьма детально рассматривается ход плавки в зависимости от физических особенностей и состава руды, в частности, особенно обстоятельно это дано для плавки свинцовых руд. Конструкция печей рассматривается в зависимости от свойства руды.

Физические условия плавки, конструкция печи, регулирование дутья для автора *«De Re Metallica»* были тесно связанными факторами, детальный анализ которых дан на страницах его книги. Так же детально характеризуются продукты плавки. Шлаки подробно рассмотрены с точки зрения потерь свинца. Рассмотрены неполадки, возникающие вследствие расстройств плавки и, причины, их порождающие. Подробно описано извлечение золота и серебра в печах с открытым и закрытым горном, а также условия образования настывей, вызывающих потери металлов. В связи с условиями извлечения золота и серебра рассмотрены печи с двумя передними горнами, «один из которых расположен наполовину внутри печи и наполовину снаружи ее». Большое внимание уделено плавке свинцовых и свинцово-серебряных руд. Наряду с описанием плавки на свинец в шахтной печи, Агрикола рассматривает и другие случаи выплавки свинца – на примере плавки в Гиттельде (Саксония) и горновой плавки богатых свинцовых руд в Польше.

Следует отметить весьма прогрессивные рекомендации Агриколы по сокращению потерь металлов при плавке путем пылеулавливания. В качестве таких мероприятий предложено «пристраивать камеры к печам, особенно к таким, в которых плавятся руды благородных металлов, для того, чтобы можно было уловить и сберечь более плотную часть дыма, содержащую частицы металла». Кроме того, предложены: изменение направления движения газов путем заполнения сводчатой камеры, из которой имеется выход внизу, и установка у стенок дымохода тонких железных листов, на которые «оседают мелкие металлические частицы, поднимающиеся с дымом, а более крупные частицы оседают в самой камере».

Весьма детально изложена пирометаллургия золота. Многие из этих способов сейчас забыты, и большая часть не употребляется в связи с широким внедрением гидрометаллургии. Однако следует отдать должное степени детальной разработки способов выплавки и огневого рафинирования золота и серебра, которые в то время и еще почти триста лет после этого были широко распространены в пирометаллургии золота.

Детально рассмотрено извлечение золота свинцом из штейнов.

Следующим разделом металлургии является производство серебра плавкой самородного серебра или необработанной серебряной руды.

Эти вопросы по своей технологии близки плавке свинцовых и медных руд, что и отмечает сам автор книги. В области металлургии меди предложено несколько методов плавки. Чистая медная руда плавилась в печи, выпускное отверстие которой закрывалось лишь на весьма короткий срок или же держалось постоянно открытым. Агрикола указывал, что *«если руда содержит много серебра, большая часть его поглощается расплавленным свинцом на переднем горне»*. *«Если руда содержит немного серебра, в передний горн не добавляют свинца для поглощения серебра»*. Из последнего штейна после трехкратного обжига и переплавки получают черновую медь, из которой извлекают чистую медь. Следует отметить детально развитые методы переработки штейнов, что указывает на весьма большую работу, сделанную многими поколениями металлургов и позволяющую поднять на довольно высокий технический уровень наиболее специфическую область металлургии цветных металлов.

Весьма подробно рассмотрена выплавка олова из руд. При этом указано, что чаще она ведется в особой печи, характеристика которой приводится автором. В связи с плавкой олова Агрикола опять возвращается к вопросу пылеулавливания и дает детальное описание соответствующей пылеуловительной камеры.

Рассматривается также очистка загрязненного олова при переплавке и выплавке его в небольших печах.

Во всех металлургических операциях того времени слабым звеном являлись воздуходувные устройства, которые основаны были на одном и том же принципе раздувающихся мехов, будь то малые или относительно большие по производительности печи.

Металлургия железа (по Агриколе) основана как на хорошо известном еще в технике древности сыродутном процессе, так и на других, представляющих большее значение для дальнейшего развития черной металлургии. Описанные им процессы металлургии черных металлов можно классифицировать следующим образом: 1) прямое восстановление

богатой железной руды с получением ковкого железа; 2) переходная стадия от прямого к непрямому получению железа через чугун; 3) производство стали цементацией.

Рассматривая второй путь, автор дает одно из наиболее ранних описаний производства железа плавкой в печи с применением дутья.

Агрикола работал в то время, когда от сыродутного производства переходили к получению железа через чугун, из которого путем второй стадии плавки получали кричное железо. Важный в истории металлургии переход от сыродутного процесса к двустадийному производству стали хотя и не получил должной оценки и детально не описан, но, судя по ряду указаний, нашел отражение в книге Агриколы.

Уже в те времена применялось обогащение железных руд промывкой, «чтобы отделить от нее более легкие частицы». При подготовке руды, как писал автор, «необходимо не только отделить части руды, содержащие металл, от частей, в которых он отсутствует, и раздробить ее в сухой толчее, но и произвести обжиг, чтобы другие металлы и вредные растворы могли улетучиться». Такая подготовка применялась в случае, если в плавку поступала «железная руда с примесью меди или плохо плавящаяся», которая «требует сильного пламени и большей затраты труда». «Такие руды плавят в печи, похожей на печь с дутьем, но имеющей большую ширину и высоту, в которую вмещается больше руды и древесного угля». «Из такой руды после однократной или двухкратной плавки получают железо, пригодное для нагревания на кузнечном горне после уплощения большим железным молотом и резки на куски с помощью острого железного орудия». В дальнейшем автор описывает получение стали.

В заключении «Девятой книги» автор рассматривает металлургию ртути, сурьмы и висмута. Он пишет, что обычная установка для производства ртути включает 700 двойных (т.е. со шлемом) горшков (тиглей), которые «устанавливаются обычно в земле или на очаге». В этом разделе серьезно, хотя и кратко, обсуждаются профессиональные вредности.

Металлургия сурьмы занимает в книге Агриколы мало места. Он не проводит строгого различия между металлической сурьмой и минералом стибнитом. Описанный им метод получения сурьмы из руды основан на вытапливании при небольшом нагреве и в перетекании из верхнего горшка в нижний, в котором выбирался чистый сульфид сурьмы. Отмечаются различные возможности методов переработки руд в зависимости от их состава, в частности от присутствия серебра.

«Одиннадцатая книга» сочинения Агриколы посвящена рассмотрению методов рафинирования металлов. При этом большое внимание уделено аффинажу (получению в чистом виде золота и серебра). Весьма детально рассматривается устройство мастерской для аффинажа, а также переработка отходов производства. Значительное внимание уделено огневому рафинированию меди.

Последняя, «Двенадцатая книга» касается вопросов галургии. При этом рассматриваются соляные варницы, кристаллизация солей, их расплавление. Галургия долгое время была близка к вопросам горно-металлургической техники. Главными объектами ее являлись: селитра, нашатырь, квасцы. Также в ней описывается производство серы и варка стекла.

Техника горного дела и металлургии, описанная Г. Агриколой, долгое время не теряла своего значения. Хорошо известны ссылки М.В. Ломоносова на Агриколу и высокая оценка, данная его трудам. В книге Агриколы имеется много принципиально важного для горного дела и металлургии, много такого, что прошло красной нитью в качестве основы технических решений на протяжении нескольких веков.

Труды, в которых выделено все основное, наиболее важное и изгнано в значительной степени все мало вероятное, не находящее себе практического применения, и бесперспективное, способствуют установлению ясных направлений развития техники своего времени. К таким трудам с полным правом следует отнести и книгу Агриколы.

Труды Георгиуса Агриколы многочисленны. Он был выдающимся минералогом, геологом, врачом. «*De Re Metallica*» – основная среди всех этих работ – оказала наибольшее влияние и получила весьма значительное распространение. Вышедшая из печати в 1556 г. на латинском языке, она в следующем 1557 г. издается уже на немецком языке. Переиздания на латинском языке последовали три раза. На немецком языке эта книга переиздавалась пять раз. Кроме этих основных изданий были и другие. На итальянском языке перевод был опубликован в 1563 г.

В рукописи или в форме опубликования отдельных глав эта книга переводилась и на другие языки. В XX веке опубликованы полные переводы этой книги как исторического памятника на ряд языков.

Последний период жизни Г. Агриколы прошел в г. Хемнице, куда он переехал в 1533 г. Здесь им было написано восемь научных работ и две политические статьи о войне с турками. В Хемнице он принимал участие и в политической жизни города. Его неоднократно избирали членом городского совета и бургомистром. Будучи историографом герцога саксонского Морица, он был вынужден выполнять ряд его дипломатических поручений, состоять членом Генерального штаба и участвовать в политической борьбе своего покровителя.

Служба Г. Агриколы, с одной стороны, герцогу, а с другой – гражданам города, которые издавна враждовали, делала его положение неустойчивым.

Все это привело к тому, что в 1553 г. он был лишен всех занимаемых должностей, преследовался и впал в нищету. 21 ноября 1555 г. во время горячего спора с протестантами он умер.

Агрикола был передовым ученым своей эпохи. Он прямо и открыто выступал против алчности и жестокости, разврата и насилия. Хотя он не мог вскрыть социальные причины войн и других преступлений своей эпохи, но его высказывания представляют значительный интерес и теперь. Он писал: *«Разве есть на свете что-либо трагичнее, вредоноснее, пагубнее войны? И разве есть что-либо радостнее, благороднее, целительнее мира? Из первого, как из страшного, отвратительного болота, берут свое начало позор, преступления, несчастья, гибель; из второго, как из кристально чистого источника – честность, добродетель, благополучие, счастье...»*.

Всей своей деятельностью он стремился помочь простым людям, горнякам, среди которых он жил и работал. Будучи врачом, Агрикола лечил рабочих, стараясь облегчить их страдания от недугов и увечий, полученных в рудниках.

Широкий научный кругозор, прогрессивное научное мировоззрение автора дали возможность так изложить и глубоко проанализировать основы горного дела и металлургии, как это и вытекало из задач дальнейшего развития техники и экономики той эпохи, когда ломались вековые устои феодализма.

Выдающееся значение трудов Г. Агриколы навсегда останется признанным в истории естествознания, материаловедения и техники. Эти труды изучались и будут изучаться горняками, металлургами и материаловедами Германии, Чехии, Италии, России и других стран, способствуя дальнейшему развитию дружественных связей между отдельными народами.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое влияние оказали труды Ванноччо Бирингуччо на ученых эпохи Ренессанса? Какова роль «Пиротехнии» для развития материаловедения в эпоху Ренессанса?

2. Какие научные трактаты Бирингуччо Вы знаете?

3. Какие открытия Ванноччо Бирингуччо послужили развитию материаловедения?

4. Расскажите о творческом пути Ванноччо Бирингуччо.

5. Вспомните открытия Георга Бауэра, которые послужили развитию материаловедения.

6. Что Вам известно о творческом пути Георгиуса Агриколы?

8. Какие основные достижения в области материаловедения были достигнуты в эпоху Ренессанса?

*Вся история науки на каждом шагу показывает,  
что отдельные личности были более правы  
в своих утверждениях, чем целые корпорации ученых  
или сотни и тысячи исследователей,  
придерживающихся господствующих взглядов.  
В.И. Вернадский*

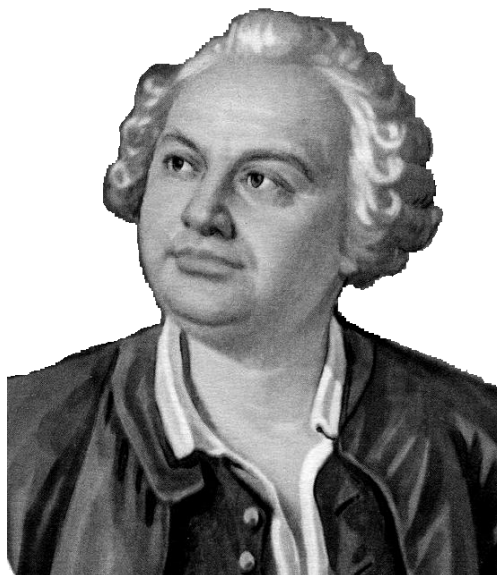
#### **ГЛАВА 4. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ В ЭПОХУ НОВОГО ВРЕМЕНИ (XVII–XIX ВЕКА). ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ ЛИЧНОСТЕЙ В РАЗВИТИЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ЭТОГО ПЕРИОДА**

Особенностью данной эпохи является то, что в результате накопления эмпирических фактов в XIX и начале XX в. произошла *третья научная революция*. В 1860 г. сформулировано атомно-молекулярное учение о строении вещества (предварительно заложенное М.В. Ломоносовым), заложены основы современной химии и физики. А уже в 1861 г. химик А.М. Бутлеров сделал первую попытку разделить химию и физику (на основании разницы в строении молекулы и атома), заложив основы *теории химического строения* веществ, сделав тем самым первую попытку обоснования существования качественно нового уровня структурной организации вещества (по сравнению с традиционным физическим – атомным). В 1869 г. химик Д.И. Менделеев создал периодическую систему элементов, впервые объединившую на научной основе физические атомные вещества. А затем позднее физиками Э. Резерфордом (планетарная модель, 1911 г.) и Н. Бором (квантовая теория строения атомов) была создана универсальная теория строения атомных веществ. Затем было начато изучение микромира на уровне элементарных частиц, создана квантовая механика, теория относительности и т.д., т.е. ученые-естественники углубились в изучение материального микромира и еще более отделились от решения проблем единства естествознания.

Особенно многое в этот период изменил А. Эйнштейн. «Был этот мир глубокой тьмой окутан, да будет свет – и вот явился Ньютон. Но сатана недолго ждал реванша, пришел Эйнштейн и стало все как раньше». Ведь ньютоновская естественно-научная основа была связана с утверждением гелиоцентризма, а идеи А. Эйнштейна означают отказ от всякого центризма вообще! Так в Мироздании нет центральных или главных систем отсчета, все они равноправны.

Но все это стало возможным после результатов исследований отдельных исторических личностей, включая и нашего великого земляка М.В. Ломоносова.





## **МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ**

### *Научная деятельность*

Михаил (Миха́йло) Васильевич Ломоно́сов (родился 8 (19) ноября 1711 г. (деревня Мишанинская, Российская империя) – скончался 4 (15) апреля 1765 г. (Санкт-Петербург, Российская империя)) – первый русский ученый-естествоиспытатель мирового значения, энциклопедист, химик и физик; он вошёл в науку как первый химик, который дал физической химии определение, весьма близкое к современному, и предначертал обширную программу физико-химических исследований; его молекулярно-кинетическая теория тепла во многом предвосхитила современное представление о строении материи и многие фундаментальные законы, в числе которых одно из начал термодинамики; заложил основы науки о стекле. Астроном, приборостроитель, географ, металлург, геолог, поэт (утвердил основания современного русского литературного языка), художник, историк, поборник развития отечественного просвещения, науки и экономики. Разработал проект Московского университета, впоследствии названного в его честь. Открыл наличие атмосферы у планеты Венера.

Истинный патриот Российской империи, боровшийся против засилья западных (немецких) ученых в Санкт-Петербургской Императорской академии наук, не желавших растить отечественных академиков и делающих попытки исказить и принизить исторические достижения российских ученых в науке и образовании.

Михаил Васильевич Ломоносов сумел объять в своем творчестве все главные области знаний, фундаментальные, основополагающие их проблемы и настолько глубоко проникнуть в самую суть непонятых в его время явлений. Он настолько смог идти впереди своего времени, что и сейчас актуально звучат слова В.И. Вернадского, сказанные о нем более 100 лет назад, как о предстоящем «нашим современником по тем задачам и целям, которые он ставил научному исследованию».

Об энциклопедизме М.В. Ломоносова с определенностью говорит и сам перечень трудов его (это отмечают как представители естествознания, так и гуманитарии). Это признавали и ученые его века, сейчас факт многогранности его таланта очевиден, наследие М.В. Ломоносова достаточно хорошо изучено, в большинстве своем – понятно и классифицировано. Но еще А.С. Пушкин так его характеризует: «Соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенною силою понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения. Жажда науки была сильнейшею страстью всей его души. Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец, он все испытал и все проник. Первый углубляется в историю отечества, утверждает правила общественного языка его, дает законы и образцы классического красноречия, с несчастным Рихманом предугадывает открытие Франклина, учреждает фабрику, сам сооружает машины, дарит художественные мозаические произведения и, наконец, открывает нам истинные источники нашего поэтического языка».

В 1748 г. М.В. Ломоносов открыл закон сохранения массы в химических реакциях (в общем виде сформулированный Лавуазье в 1789 г.), а в 1756 г. на основе количественных опытов установил, что горение и окисление происходят в результате взаимодействия окисляемого вещества с частицами воздуха. К особым заслугам М.В. Ломоносова относят развитие теории строения вещества. По Ломоносову, материя прерывна (дискретна) и состоит из «нечувствительных» (т.е. материальных) частиц двух родов. Одни – «корпускулы» (т.е. молекулы) обладают всеми свойствами данного вещества, другие – «элементы» (т.е. атомы), из которых и состоят «корпускулы». «Корпускула есть собрание элементов, образующих однородную малую массу. Они однородны, если состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом. Корпускулы разнородны, когда элементы их различаются и соединены различным образом или в различном числе; от этого зависит бесконечное разнообразие тел. Смешанное тело есть то, которое состоит из двух или

нескольких начал, соединенных между собой так, что каждая отдельная его корпускула имеет такое же отношение к частям начал, из которых она состоит, как и все смешанное тело к целым отдельным началам», – писал М.В. Ломоносов. Учитывая, что ломоносовские «корпускула» – это молекула, «элемент» – атом, «начало» – определенный вид атома, а «смешанное тело» – это химическое соединение, то перед нами стройное атомно-молекулярное учение (1743 г.), близкое к современному. Можно отметить, что в нем отчетливо выражено предвосхищение закона кратных отношений, постоянства состава и зачатков структурной теории строения вещества.

А сам ученый, словно подтверждая цельность своей природы и понимание глубины взаимосвязи всех направлений и областей знания, весьма лаконично излагает свои мысли на этот счет: «Нет сомнения, что науки наукам много весьма взаимно способствуют, как и физика химии, физике математика, нравоучительная наука и история стихотворству».

### *Наука о стекле*

Наука о стекле – один из наиболее важных разделов в естественно-научном наследии М.В. Ломоносова. Настоящая дисциплина в современном понимании научно-исследовательских теорий и практик была основана именно им. Об этом говорят и методологические ее особенности, дифференцированные методики как таковые, и ее роль в теории познания вообще. Подход, который свойственен деятельности ученого в контексте исследований силикатов и, в частности, стекол, мало чем отличается от того, который имел место на протяжении более чем 100 последующих лет. Здесь имеется в виду и теоретическая сторона, и особенности лабораторной практики, хорошо разработанной технологической базы. М.В. Ломоносовым проведено огромное количество исследований стекол, он заложил основы производства цветных разновидностей этих материалов, им выработана методика варки смальт, которые получили применение в создании возрожденных им мозаик.

### *Лаборатория. Гипотеза, эксперимент, технология*

В своей химической лаборатории М.В. Ломоносов в 1752–1753 гг. впервые за всю историю науки читал курс физической химии студентам Академического университета. А разрешение на строительство этой лаборатории он смог получить только после трехлетних усилий – *это была первая научно-исследовательская и учебная лаборатория в России.*

В октябре 1748 г., когда она, наконец, была построена и получила оборудование, изготовленное по чертежам и проектам самого ученого, он начал проводить в ней экспериментальные исследования по химии и технологии силикатов, по обоснованию теории растворов, по обжигу металлов, а также осуществлял пробы руд.

Здесь он провел более 4 тыс. опытов, разрабатывая день за днем, месяц за месяцем технологию цветных стекол прозрачных и непрозрачных («глухих» – смальт). Эту методику он применил в промышленной варке цветного стекла и при создании изделий из него.

Самое слабое место в стекольном производстве того времени – крайняя скудость палитры исходного материала и, как следствие, окраски выпускавшихся изделий. Большая часть стекла, производившегося Санкт-Петербургским стеклянным заводом, была бесцветна и лишь малая – окрашена в синий и зеленый цвета. В Европе, например, известный германский стеклотехник-алхимик Иоганн Кункель еще в XVII столетии в совершенстве овладел возрожденным им способом получения красного стекла – «золотого рубина». А ведь еще римляне знали эту технологию, подразумевающую включение золота в состав шихты, отсюда название, но она была утрачена. Между тем, и Кункель унес в могилу тайну этой красоты, оставив записку такого содержания: «Так как этот секрет стоил мне больших трудов, стараний и забот, то пусть никто не сочтет дурным, что я не делаю его сейчас достоянием всех». И одним из первых, кто вновь открыл этот секрет, заново разрабатывая технологию «золотого рубина», был М.В. Ломоносов.

Возможную причину особого интереса ученого к стеклу высказывает Н.Н. Качалов, отмечая, что большинство исследователей склоняется к мнению об увиденных М.В. Ломоносовым в 1746 г. итальянских мозаичных картинах, которые возбудили в нем желание во что бы то ни стало воспроизвести их. Другое мнение о природе этого интереса заключается в том, что, к решению задачи по изготовлению цветных стекол его побудили увиденные в 1734 г. в Киеве мозаики. Однако Н.Н. Качалов напоминает, что сама эта поездка – факт недостоверный. В то же время, по его мнению, нельзя оставить без внимания близкое знакомство ученого со стеклами и другими силикатными расплавами в процессе изучения им технологии горнорудного и металлического дела, где шлаки занимают очень важное место. Ведь именно в этой области он специализировался во время своей учебы за границей.

Но последовательно его привлечение к промышленному стеклоделию развивалось следующим образом. В 1751 г. Стекланный завод обратился в Академию наук через «Канцелярию от строений» с просьбой передать результат научных работ по цветному стеклу знаменитого, «обретающегося при Академии наук советника и профессора господина Ломоносова». Это поручение Академия передала М.В. Ломоносову, и он согласился «сие искусство открыть присяжному честному и трезвому человеку, который мог бы притом понять химические процессы, которые по сему делу знать необходимо нужно».

Во времена М.В. Ломоносова во всем мире искусство производства стекла, основываясь исключительно на эмпирических данных, находилось в руках научно необразованных практиков, так называемых «арканистов», т.е. «знатоков тайн». По словам М.В. Ломоносова, формально рудименты алхимических принципов еще главенствовали в практике, развивавшейся под покровительством вольфовских метафизических концепций о духообразных флюидах и прочих «чудищах». И его заявление о необходимости знания химии для варки стекла звучало ересью, но он в своем мнении уже не был одинок. Создатель отечественного фарфора Д.И. Воробьев, однокашник М.В. Ломоносова, писал: «... дело порцелина (*фарфора*) химию за основание и за главнейшего своего предводителя имеет». Считая вздорными требования М.В. Ломоносова к научной подготовке ученика, чиновники, тем не менее, не решались противоречить строптивому профессору и послали в его распоряжение грамотного человека в лице «архитектурного ученика» Петра Дружинина (в таком отношении к ученым уже начало сказываться то, что «Петр своей тяжелой десницей сумел внедрить «решпект» к науке», чиновничество уже боится открыто возражать против ее авторитетного мнения, и неслучайно А.С. Пушкин именует М.В. Ломоносова «великим сподвижником Великого Петра»).

Ученый был очень хорошим систематизатором, что, конечно, сказывалось в последовательном ведении определенных изысканий, когда требовалось многие закономерности подчинять строгой системе, дабы они служить могли правильному развитию поиска, без возвращения к уже пройденным опытам, пониманию существующих зависимостей.

В четырехлетних фундаментальных научных исследованиях по химии стекла, проводившихся М.В. Ломоносовым и потребовавших упомянутых четырех тысяч опытов, можно наблюдать три крупных этапа:

- *Расширение ассортимента исходных материалов.*

В доломоновский период применялось при варке стекол не более полутора десятков компонентов шихты – стеклообразующие материалы

(состав шихты): песок, щелочи (зола растений), селитра, известь, свинцовый сурик, бура; красители: «магнезия пьемонтская» (с включением марганца), медная окалина, железная окалина (крокус, железная руда), сера (сульфиды), уголь, «сафра» (кобальтовая руда), хлорное золото; глушители: окись олова, костяная мука.

Первой и основной на начальном этапе была потребность расширения этого набора реактивов в такой степени, в которой позволяло это сделать современное ему состояние химической промышленности и горного дела. Ученый всеми доступными путями, иногда преодолевая большие трудности, приобретал различные искусственные и минеральные вещества, подготавливая их к предстоящим экспериментам – обрабатывая, очищая от примесей. К началу работ он имел в своем распоряжении около 60 различных материалов.

• *Получение сравнительно чистых разных минеральных красителей посредством химической обработки природных и искусственных соединений.*

• *Изучение действия красителей на стекло.*

К этому этапу, основному во всех исследованиях, возможно становилось перейти только по окончании двух предшествующих. С необычайной для того времени широтой плана приступает к нему ученый. Его исследование явления окрашивания стекла подразумевало влияние на него таких факторов:

- происхождение и природа красителя;
- способ его приготовления;
- состояние, в котором он вводится;
- концентрации самого красителя и каждого его компонента, входящего в состав стекла.

В данном случае с особой ясностью сказались упомянутые качества ученого как систематизатора, работы проводились на чрезвычайно высоком методическом уровне. Для каждого из вышеозначенных факторов производилась большая самостоятельная серия опытов, когда количественное участие его систематически изменялось в очень широких пределах:

1. Правильно были организованы опытные плавки, точно подобраны размеры тиглей. Они были достаточны велики, чтобы полученный расплав давал возможность делать достоверные выводы, но уместно малы для использования емкости лабораторной печи с проведением больших серий варок при точной аналогии температурного и газового режимов (современные тигли для подобных работ примерно таких же размеров).

2. Строго соблюдалось единообразие условий опытов, при изучении качественного влияния какого-либо одного фактора учитывались все меры, чтобы действия остальных технологических параметров эксперимента оставались постоянными.

3. Строго соблюдалась количественная дозировка компонентов – новизна для того времени.

4. Навешивание происходило с достаточной точностью – до 1 грана (0,0625 г).

5. Образцы хранились в системе, в специальных пронумерованных ящиках. Учитывая наличие тысяч таких эталонов, можно понять, что соблюдение настоящего условия требовало корректности и аккуратности.

6. Лабораторный журнал велся с педантической точностью, в большинстве случаев собственноручно самим М.В. Ломоносовым, который заносил в него все наблюдения, факты и выводы.

7. Впервые очень четко был сформулирован вопрос о влиянии состава стекла на его свойства. Сейчас целесообразность такой постановки исследования очевидна, но в то время это было новаторством, и теоретическая часть интересовала ученого не меньше, чем поиск красителей для производственного стеклоделия. Он писал: «...прилагаю я возможное старание, чтобы делать стекла разных цветов, которые бы помянутым художествам годны были и в том имею нарочитые прогрессы. При всех сих практических опытах записываю и те обстоятельства, которые надлежат до химических теорий».

В ходе размышлений о природе цветов им был задуман ряд опытов с цветными стеклами. И в согласовании со своими теоретическими исследованиями, эти эксперименты М.В. Ломоносов получил возможность проводить с 1748 г. в своей химической лаборатории, когда им были получены такие стекла, рецептуры которых впоследствии нашли применение при создании его мозаичных работ. Результатом этого комплекса научных исследований явилось также создание им собственной теории света и цвета, основывающейся на представлении о распространении света посредством колебания частиц эфира, заполняющего мировое пространство (уже в XIX в. академик Б.Б. Голицын назовет ее «теорией волнения»).

Множество разнообразно окрашенных стекол было получено М.В. Ломоносовым при весьма ограниченном наборе элементов, путем очень искусного варьирования приемами химической обработки в восстановительных и окислительных условиях, при изменении состава стекла за счет введения свинца, олова, сурьмы и некоторых других

компонентов, использовавшихся в качестве включений, влиявших на цветность. Ныне применяющиеся с этой целью хром, уран, селен, кадмий попросту еще не были открыты в то время.

Богатейшие красные тона были получены в результате добавки меди для смальт, называемых мастерами мозаики «скарцетами» и «лаками». Очень большого умения требует их варка, которая до сих пор не всегда бывает успешной. Медь использовалась ученым также для получения зеленых и бирюзовых оттенков. И поныне знатоки мозаичного искусства очень высоко ценят полихромные качества «ломоносовских» смальт, и многие считают, что таких замечательных красных и зеленых оттенков крайне редко и мало кому удавалось получить.

И вот слова Л. Эйлера, подтверждающие признание роли М.В. Ломоносова в основании науки о стекле (и не только в его отечестве): *«Как я всегда удивляюсь счастливому твоему остроумию, которым в столь разных науках превосходишь и натуральныя явления с особливym успехом изъясняешь, так приятно было мне известие... Дстойное вас дело есть, что вы стеклу возможные цветы дать можете. Здешние химики сие изобретение за превеликое дело почитают».*

В 1753–1754 гг. недалеко от Ораниенбаума в деревне Усть-Рудицы Копроского уезда М.В. Ломоносов получает для строительства стекольной фабрики земельный надел, а в 1756 г. земли были ему жалованы в вечное пользование. При постройке этой фабрики ученый проявил свои инженерные и конструкторские способности, начиная с выбора места строительства, расчетов строительных материалов и ориентации на первоклассные ябургские пески и достаточное количество леса для стеклоплавильных печей и пережигания на золу, а далее – проектирования цехов завода, детальной разработки технологического процесса, конструирования лабораторных и производственных печей, оригинальных станков и инструментов, кончая оформлением графических материалов, которые выполнялись им также собственноручно или при непосредственном его руководстве. Усть-Рудицкая фабрика представляла собой своеобразное и в полной мере новое стекольное промышленное предприятие, и, поскольку руководил ею создатель науки о стекле, ведущее место отведено было лаборатории, причем находившейся в процессе эксперимента и в постоянном совершенствовании. Первоначально на фабрике выпускался только бисер, пронизка, стеклярус и мозаичные составы (смальты). Через год появились различные «галантерейные изделия»: граненые камни, подвески, броши и запонки. С 1757 г. фабрика начала выпускать столовые сервизы, туалетные



и письменные приборы – все из разноцветного стекла, по большей части бирюзового (рис. 4). Постепенно, по прошествии нескольких лет, было налажено производство крупных вещей: дутых фигур, цветников, украшений для садов, литых столовых досок.



Рис. 4. Ваза Санкт-Петербургского стеклянного завода. Вторая половина XVIII в.

Эта страница деятельности М.В. Ломоносова – яркий пример органичного сочетания всего разнообразия его способностей: как увлеченного ученого-теоретика, в совершенстве владеющего экспериментом, и практика, очень удачно реализующего найденное в ходе расчетов и опытов, умелого организатора производства, вдохновенного художника-дилетанта, наделенного природным вкусом, умеющего с толком применить свои познания и в этой области. Но и этим не исчерпывается многосторонняя творческая натура. М.В. Ломоносов, ища поддержки и субсидий для развития исследований стекол, написал беспрецедентное поэтическое произведение, единственное в своем роде «Письмо о пользе Стекла к высокопревосходительному господину генералу-поручику действительному Ея Императорскаго Величества камергеру, Московскаго университета куратору и орденов Белаго Орла, Святого Александра и Святыя Анны кавалеру Ивану Ивановичу Шувалову, писанное в 1752 г. ...»:

*Неправо о вещах те думают, Шувалов,  
Которые Стекло чтут ниже Минералов,  
Приманчивым лучем блистающих в глаза:  
Не меньше польза в нем, не меньше в нем краса.*

*Нередко я для той с Парнасских гор спускаюсь;  
И ныне от нее на верьх их возвращаюсь,  
Пою перед тобой в восторге похвалу  
Ни камням дорогим, ни злату, но Стеклу.  
И как я оное хваля воспоминаю,  
Не ломкость лживого я счастья представляю.  
Не должно тленности примером тое быть,  
Чего и сильный огонь не может разрушить,  
Других вещей земных конечный разделитель:  
Стекло им рождено; огонь его родитель.*

...

*Так в бисере Стекло подобясь жемчугу,  
Любимо по всему земному ходит кругу.  
Им красится народ в полунощных степях,  
Им красится арап на южных берегах.  
В Америке живут, мы чаем, простаки,  
Что нам драгой металл из серебряной реки  
Дают Европскому купечеству охотно  
И бисеру берут количество несчётно,  
Но тем, я думаю, они разумне нас,  
Что гонят от своих бедам причину глаз.*

...

*Далече до конца Стеклу достойных хвал,  
На кои целый год едва бы мне достал.  
Затем уже слова похвальны оставляю,  
И что о нем писал, то делом начинаю...*

Подводя итог творчеству М.В. Ломоносова, вспомним слова Н.Н. Качалова, который так отмечает основные его результаты: «Разработана и внедрена в лабораторную практику подлинно научная методика экспериментального исследования с соблюдением строгого постоянства условий опытов, с точным учетом наблюдаемых явлений, с систематизированным хранением образцов и с ведением лабораторного журнала.

Проведено первое, строго научное капитальное исследование действия на стекло разнообразных минеральных красителей и заложены начала методики изучения влияния состава стекла на его свойства.

При крайне ограниченном количестве известных в то время минеральных красителей разработана рецептура многочисленных цветных стекол с применением самых передовых методов химико-лабораторного экспериментирования.

*Разработана богатейшая палитра мозаичных смальт.*

*Осуществлено внедрение методики варки цветных стекол и производство, в результате чего отечественные стекольные заводы начали выпускать разнообразно расцветоченные художественные изделия.*

*Построена стекольная фабрика, передовая по оборудованию и методам работы, предназначенная для производства различных художественных изделий из цветного стекла по технологии, разработанной Ломоносовым».*



## **ДЖОН СМИТОН**

Джон Смитон (англ. John Smeaton) (родился 8 июня 1724 г., (Лидс, Англия) – скончался 28 октября 1792 г. (Лидс, Англия)) – английский инженер, знаменитый строитель маяков. Родился под Лидсом в семье адвоката, получил образование в местной школе и в 1740 г. стал работать в конторе отца. В 18 лет поехал в Лондон изучать юриспруденцию, но вместо этого вопреки отцовской воле поступил учеником к мастеру по изготовлению научных приборов и в 1748 г. открыл собственный магазин. Его слава инженера росла; в 1753 г. Смитон был избран в Лондонское королевское общество. В 1755 г. ездил в Голландию изучать мелиорацию и строительство портов. Через год Смитону было поручено строительство маяка в Эддистонских скалах, в 23 км от побережья, близ Плимута (первый маяк Эддистон был смыт в 1703 г.; второй, построенный из дерева, сгорел в 1755 г.). Смитон использовал блоки портландцемента, скрепленные друг с другом, и фундамент из твердевшего в воде

гидравлического цемента (изобретенного им в 1756 г.). Маяк был построен в 1759 г. и простоял почти 120 лет, после чего был заменен.

Еще одной главной работой Смитона стал 61-километровый канал Форт-энд-Клайд в Шотландии, который имел 39 шлюзов. Смитон также руководил строительством порта Рамсгит. В 1767 г. начал изучать модели пареоатмосферных машин, чтобы повысить их эффективность (например, с помощью более точного сверления цилиндров), и спроектировал сверлильный станок, предназначенный для этой цели. Одна из его действующих моделей, работавшая в угольной шахте на севере Англии в 1772 г., была на 27 % эффективнее существующих машин (по количеству потребляемого топлива). Однако вскоре этот результат превзошла машина Джеймса Уатта. Кроме того, с 1753 по 1790 гг. Смитон спроектировал и построил 44 водяные и ветряные мельницы.

### ***«Открытие» бетона***

Бетон – материал с древней и довольно интересной историей. Из него люди строят сооружения уже несколько тысяч лет. По свидетельству Плиния Старшего, еще за 3600 лет до н.э. из бетона были построены галереи египетского лабиринта. В государстве Урарту в VII в. до н.э. строили крепости и храмы из бетона, его же использовали и при строительстве большей части Великой Китайской стены.

Более обстоятельные упоминания о бетоне относятся к 550 г. до н.э. Именно тогда из бетона был построен знаменитый канализационный канал в Риме, известный под названием *«клоака максима»*. Другие источники сообщают, что в III или II в. до н.э. греки, а затем и римляне начали изготавливать бетон из известняка, пуццолана (вулканической породы, добывавшейся близ Неаполя), песка и воды. Широко использовался в строительстве так называемый римский бетон. Он представлял собой смесь извести, особого пуццоланского песка и заполнителя. Причем римляне использовали эту смесь не в качестве связующего раствора, а как самостоятельный материал. Они заливали ею пространство между двумя стенками кирпича или тесаного камня. Вскоре раствор застывал, и стена превращалась в монолит.

Словом, бетон – материал вечный, но и проблемы у него тоже вечные. За 200 лет до н.э. римский ученый Катон обратил внимание на одну из них: «Главнейшая причина развалин нашего города есть та, что известь (при строении) крадут и составляют цемент без связующего вещества».

С падением Римской империи о бетоне забыли надолго – до 1756 г. Но откуда такая точная дата? Оказывается, именно в этом году английский инженер Джон Смитон получил очень трудный заказ. Он должен был построить маяк в море, причем в очень бурном месте. Смитон был всесторонне образованным человеком и в свободные часы с интересом читал сочинения античных авторов. Особенно запомнилось ему описание архитектором Витрувием строительства гавани близ Неаполя, при котором использовали местные материалы. Смитон стал тщательно изучать вулканические пеплы и выяснил, что если смешать некоторые из них с водой, то получится похожий на камень очень прочный строительный материал.

Таким образом, в 1774 г. Джон Смитон при строительстве Эддистонского маяка смешал негашеную известь с глиной и, добавив к этой смеси песок и дробленый доменный шлак, получил бетон, возродив тем самым утраченную традицию древнеримского строительства. Бетонный фундамент маяка оказался на удивление прочным. Опыт Смитона начали повторять, меняя состав компонентов и тип вяжущего материала.

Вяжущие вещества на основе минеральных компонентов использовались в глубокой древности. Применение их на заре цивилизации (хижина с бетонным полом из Лепенски Вира) носило видимо случайный характер. Сознательно использовать бетон стали древние египтяне (пирамида в Гизе), за ними древние греки и римляне (Римский Колизей и Пантеон, сооружения в Помпеях).

В России подобное цементному клинкеру вещество было получено и применено Е.Г. Челиевым приблизительно в это же время. В 1822 г. в Петербурге вышла книга «Трактат об искусстве готовить хорошие строительные растворы». Еще через несколько лет ее автор русский строитель Егор Челиев издал новую книгу о том, как приготовить цемент и бетон и как применять их для скрепления кирпичей или камней при строительстве, стен и фундаментов сооружений и т.п. В связи с ростом потребности в цементе в Подольском уезде возникло несколько цементных заводов.

В 1824 г. другой англичанин, Джозеф Аспдин, подверг обжигу при высокой температуре смесь известняка и глины, а затем размолот в порошок получившийся при этом клинкер. Этот порошок и был тем, что теперь называют портландцементом, так как по цвету и прочности он напоминал строительный камень, добываемый в английском городе Портланде (первое упоминание о цементе Аспдина в России относится

к 1847 г.) С применением этого вяжущего материала качество бетона резко улучшилось. На берегах Темзы хватало необходимого сырья, и массовое производство портландцемента было налажено в короткие сроки. Литой камень получил широкий доступ на стройку. Из бетона стали возводить фундаменты, ограды, а затем и перекрытия. В 1867 г. был построен первый железнодорожный мост из монолитного бетона.

Однако, обладая высокой прочностью на сжатие, бетон, как и камень, плохо работает на растяжение. Поэтому с появлением конструкций из монолитного бетона сразу же возникла мысль соединить его с металлом. Первые опыты в этом направлении датируются 1830 г. Но лишь в 60-х годах был достигнут успех. Французский садовник Жозеф Монье, желая изготовить прочные кадки для деревьев, свернул металлическую сетку и залил ее бетонной смесью. Так прозаически родился железобетон – основной строительный материал нашего времени.

Вместе с XX в. начинается победное шествие железобетона по стройкам Европы и Северной Америки. Сначала промышленные сооружения – элеваторы, электростанции, железнодорожные склады, гаражи. Потом – конторы, общественные здания и жилые дома. Внешний облик первых железобетонных построек никак не отражает особенностей нового материала. Но очень скоро декоративная имитация традиционных архитектурных форм, как ненужная мишура, облетает с лаконичных бетонных фасадов. Уже в ранних постройках (1904–1905 гг.) одного из пионеров в применении железобетона, французского инженера и архитектора Огюста Перре, тонкий железобетонный каркас с квадратными рамами и большими остекленными проемами полностью определял архитектурную композицию здания. Этот прием на долгие годы стал стереотипом архитектурного решения многоэтажных домов из железобетона, выполняемых в различных модификациях каркасной или панельной конструкции, тех самых, которые теперь из-за их повсеместного распространения стали пренебрежительно называть «коробками».

Швейцарский инженер Роберт Майар заставил «работать» железобетон совсем по-иному. Он использовал его не в ячеистой прямоугольной конструкции рамочного типа, а в тонкой монолитной плите, дающей полную свободу в выборе точек опоры. В 1908 г. Майар создал грибовидную конструкцию с колоннами зонтичного типа, плавно переходящими в плиту перекрытия. Тем самым он предвосхитил то направление железобетонного строительства, которое гораздо позже, уже в 50-х годах нашего века, развивал замечательный итальянский инженер Пьер Луиджи Нерви. Используя метод предварительного напряжения арматуры, он не только

усовершенствовал инженерные решения большепролетных перекрытий, но и получил замечательные архитектурные эффекты. Мощные тектоничные опоры, ажурные реберные покрытия до предела обнажают работу конструкции. Она с такой классической полнотой и почти скульптурной выразительностью раскрывает строительные возможности материала, что поневоле переключается с античностью и готикой.

Вообще, железобетон быстро обнаруживает удивительную пластичность, податливость к образованию новых форм. Параболические своды, примененные французским инженером Э. Фрейсине при строительстве ангара в городе Орли близ Парижа (1916 г.), считаются началом целого поколения тонкостенных железобетонных покрытий. Причудливость форм при этом поистине не знает предела. Она порождает совершенно новые ассоциации и образы, не имеющие прецедентов в архитектуре прошлого.

Все это нашло широкое применение в нашей жизни, и без бетона (железобетона) мы не можем представить себе современное сооружение и строительство вообще.



### **ПАВЕЛ ПЕТРОВИЧ АНОСОВ**

В истории русской металлургии, пожалуй, нет личности более легендарной, чем Павел Петрович Аносов. Судьба великого металлурга до сих пор таит в себе немало загадок. Личного фонда П.П. Аносова нет ни в одном архиве страны. Документы о нем приходится собирать буквально по крупицам из самых разнообразных источников. Долгое время шли

споры историков о месте и о годе рождения этого человека – 1797-й или 1799-й г.? Лишь несколько лет назад тверские архивисты обнаружили метрическую книгу с точной записью: место рождения Павла Петровича Аносова – г. Тверь, дата рождения – 29 июня 1796 г.

*Собственно, именно ему принадлежит первенство в открытиях, роль и значение которых не сумели оценить по достоинству его современники.*

Одним из первых ученых России Павел Петрович Аносов вошел в историю науки и техники как основоположник учения о стали и родоначальник высококачественной металлургии. Ему принадлежит приоритет в открытии утраченного некогда секрета производства булатной стали. Огромен его вклад в развитие горного дела, металлургии (в том числе литой и сварочной стали), металлографии, золотодобычи, геологии и ряда других научно-технических направлений и производств.

Отец его служил в Берг-коллегии (впоследствии реорганизованной в Горный департамент), с 1806 г. он был советником Пермского горного управления. Вскоре после переезда на Урал родители Аносова умерли, детей, в том числе Павла, взял на воспитание дед по материнской линии Л.Ф. Сабакиц – известный русский механик, работавший на Ижевском и Боткинском казенных заводах. В 1810 г. он определил 11-летнего Павла в Санкт-Петербургский Горный кадетский корпус на «казенно-коштное место».

Интенсивно развивающаяся горная промышленность на Урале и в Сибири испытывала потребность в высококвалифицированных кадрах. Воспитанники Горного кадетского корпуса получали хорошее образование. Много времени отводилось практическим занятиям по химии, физике, промывке различных руд. Во дворе учебного заведения был построен «рудник» с подземными ходами и выработками, а в его мастерских и на Санкт-Петербургском монетном дворе учащиеся сами плавилы металлы. Коллекции Горного корпуса постоянно пополнялись новыми уральскими и сибирскими минералами, редкими самородками золота. Здесь хранилась малахитовая глыба, оцененная небывалой по тем временам суммой в 425 тыс. руб., а также найденный на Нижнетагильской даче платиновый самородок весом 10 фунтов, 54 золотника (4,33 кг). Среди образцов было немало изделий и полуфабрикатов металлургического производства: идеально ровное по толщине листовое железо, бритвы, столовые приборы, предметы высокохудожественного литья.

Внимание Аносова особенно привлекало искусно выделанное холодное оружие: здесь было немало черкесских и турецких сабель, римских мечей с замысловатой рисовкой, изготовленных из редких сортов стали. Его поражали булатные сабли с чудесными узорами. На вопрос,



каким образом удавалось древним мастерам изготавливать булатное оружие с узорами, преподаватели неизменно отвечали: «Секрет булата утерян!» Будущего ученого и мастера не оставляла мысль разгадать его, об этом он думал по ночам, читая книги о рыцарях, вооруженных булатным оружием. Однажды среди ночи, взяв свечу, он направился в зал к витрине, где находились булатные клинки. Долго смотрел на них и, опустившись в кресло, заснул. Проснулся от шума, поднятого служителем. Возле него стоял инспектор классов. Утром Аносову пришлось держать ответ перед директором корпуса А.Ф. Дерябиным. Тот был человеком рассудительным, уважал воспитанников, а инспектору сказал: «Мы не можем наказывать юношу. Он увлечен вопросом, разрешение которого сделало бы нашей стране честь».

В октябре 1816 г. Аносова произвели в унтер-офицеры, а в 1817 г. он с отличием завершил учебу и был выпущен из Горного кадетского корпуса практикантом в действительную службу. За успехи, «оказанные им при испытаниях», его наградили Большой золотой и Серебряной медалями, книгами, эстампами. Награждение Большой золотой медалью сопровождалось выдачей 500 руб. «на обзаведение». Его первым приобретением стал микроскоп. Павел, конечно, знал, что его великий соотечественник М.В. Ломоносов для своих химических исследований впервые применил микроскоп и, предвидя характер своей работы, обзавелся таким же прибором.

В ноябре 1817 г. П.П. Аносов был направлен на заводы Златоустовского горного округа (Южный Урал), там ему предстояло выполнить дипломную работу. По положению того времени воспитанники Горного кадетского корпуса выпускались «не прямо на действительную службу офицерскими чинами, как было прежде, но со званием практикантов. В этом звании они должны были оставаться два года, употребляя это время на осматривание рудников и заводов и для приучения себя к служебному порядку». Лишь после отчетов по дипломной работе практикантов зачисляли на постоянную службу. Результаты своих наблюдений выпускник обобщил в дипломной работе «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского оружейного завода, составленное практикантом П. Аносовым, 1819 г.».

В Златоустовский горный округ входили тогда чугуноплавильные и железоделательные заводы: Златоустовский с фабрикой белого (холодного) оружия, Саткинский, Кусинский и Артинский, а также Миасские золотые прииски и недействующий Миасский медеплавильный завод. Центром горного округа был Златоустовский завод на речке Ай, основанный в 1754 г. тульским купцом-заводчиком Масловым. В 1811 г. Златоустовский заводской поселок переименовали в город Златоуст.

В 1819 г. Павла Петровича назначили смотрителем Златоустовской оружейной фабрики «по отделению украшенного оружия», где он сразу же принялся за усовершенствование производства. Первое его нововведение – создание более эффективных цилиндрических воздуходувных мехов. Плодотворная деятельность молодого специалиста заинтересовала Департамент горных и соляных дел: в 1824 г. его назначают управителем оружейной фабрики, а с 1829 г. он уже помощник директора фабрики. С этого времени начинаются его систематические исследования в области металлургии, публикуются научные труды по геологии Южного Урала и по термической обработке стали. В 1826 г. вышел его труд «Геогностические наблюдения над Уральскими горами, лежащими в округе Златоустовских заводов», затем две работы по термической обработке стали: «Описание нового способа закалки стали в сгущенном воздухе» (1827 г.) и «Об опытах закалки стальных вещей в сгущенном воздухе, произведенных в 1828 и 1829 гг.» и статья «Об уральском корунде» (1829 г.).

Златоустовская оружейная фабрика изготавливала сабли типа дамасских, известные больше под названием «турецкие». Аносов убедился, что качество этих сабель, вывезенных с Востока, значительно выше так называемых дамасских, производившихся в Европе и на Златоустовской оружейной фабрике, и пришел к выводу, что искусство их изготовления «составляет по сие время загадку для ученых и художников Европы». Аносов начал искать ключ к разгадке: изучал образцы подлинных дамасских сабель, литературные источники и пришел к мысли, что необыкновенная острота восточных сабель в большей степени зависела от способов закалки, чем от материала, из которого они были изготовлены. Его предположение подтвердилось: опыты по закалке обыкновенных стальных ножей в сгущенном (сжатом) воздухе заводских цилиндрических мехов показали, что эти ножи стали острее тех, которые закаливались обычным способом. Аналогичным образом Аносов произвел закалку кос, производимых на Артинской фабрике, и получил такие же результаты: эти косы не только легко косили сухую траву, но, по его сообщению, и «березовые кусты не могли противостоят остроте лезвия их». Способы закалки стальных изделий в сгущенном воздухе явились основой дальнейших исследований Аносова по термической обработке булатной (дамасской) стали.

В 1831 г. Павла Петровича назначили директором оружейной фабрики и одновременно возложили на него обязанности главного начальника заводов Златоустовского горного округа. Перед ним открылись широкие возможности для проведения исследований и опытов

по раскрытию технологических секретов булатной стали. Изыскания, начатые им в 1828 г., продолжались в общей сложности 10 лет и блестяще были завершены к концу 1838 г.

На Златоустовской оружейной фабрике применялся старый, традиционный способ получения сварочного железа, в основе которого лежал процесс передела чугуна в сталь в кричных горнах с последующей обработкой криц под молотами. Аносов отказался от производства булата из сварочного железа и создал при фабрике цех тигельной литой стали, имевшей большие преимущества перед сварочной. Причем способ изготовления литой стали из предварительно цементированного железа путем науглероживания его твердым углеродом, применявшийся на Западе и на некоторых отечественных заводах, Аносов заменил своим, совершенно новым приемом – науглероживанием железа в газовой среде, содержащей окись и двуокись углерода. Производственный процесс при этом состоял в соединении цементации и плавки в открытом тигле, расположенном в древесно-угольном горне, в результате чего ускорялся процесс проникновения (диффузии) углерода в расплавленный металл. Такой способ изготовления литой высокоуглеродистой стали имел огромное научное и практическое значение, он получил широкое распространение в отечественной и мировой промышленности.

Исследования и эксперименты ученого-металлурга позволили научно обосновать процессы химико-термической обработки стали при газовой цементации жидкого металла. Благодаря многим своим технико-экономическим преимуществам газовая цементация до сих пор широко применяется в металлургии стали. В процессе освоения тигельного производства стали Аносов прошел все ступени этой новейшей технологии. Для плавки литой стали по новому способу он построил на оружейной фабрике особый корпус, где находились сконструированные им специальные камерные воздушные печи, которые позволяли достигать необходимой для расплавления стали температуры.

В результате проделанной работы Павел Петрович решил очень важную для своего времени проблему изготовления плавильных тиглей: они должны были обладать высокой огнестойкостью и прочностью. Златоустовский завод такие тигли выписывал с предприятий немецкого местечка Пассау по дорогой цене – 25 руб. за штуку. Переход на более дешевые отечественные тигли был принципиально необходим, ибо таким образом оправдывалась экономическая целесообразность предложенного Аносовым способа. Огнестойкость пассауских тиглей определялась наличием графита в глине, из которой они производились. В Златоусте же графита не оказалось, и Аносов со своими помощниками разработал

собственный рецепт изготовления огнеупорных тиглей. Тигельная смесь состояла из десяти частей огнестойкой челябинской глины, пяти частей истолченных в порошок бывших в употреблении и предварительно очищенных от шлака горшков и пяти частей древесно-угольного мусора, просеянного сквозь сито. Златоустовские тигли оказались более огнестойкими, чем пассауские, и обходились всего в 44 коп. за штуку. Для прессования тигельной смеси Аносов построил специальный пресс и медную форму.

Еще в 1825 г. во время геологических поисков он обнаружил около озера Большой Еланчак, в 15 верстах от Миасса, месторождения графита. Позднее графит был испытан и оказался лучше известного кумберландского, который Златоустовский завод приобретал в Англии. Благодаря усилиям этого замечательного и разностороннего специалиста в Златоустовском горном округе были найдены и другие месторождения графита.

Выплавляемая в отечественных тиглях по способу Аносова литая сталь отличалась высокими свойствами и ничем не уступала знаменитой английской. С 1830 г. Златоустовский завод приступил к широкому производству литой тигельной стали для отечественной промышленности. Уже в 1833 г. завод получил 1660 пудов литой стали, а за период с 1830 по 1836 гг. произвел 4600 пудов. Большая часть этого металла использовалась местной оружейной фабрикой для выделки холодного оружия (мягкая сталь), но сталь направлялась также на Артинский завод для изготовления кос, инструментов, рапир (средняя по твердости сталь). Большим спросом она пользовалась на знаменитой Нижегородской ярмарке, а Екатеринбургский монетный двор охотно покупал ее для изготовления чеканов и матриц.

Аносов совершенствовал технологию изготовления литой тигельной стали в течение восьми лет, одновременно занимаясь разработкой способов получения булатной стали. Это был единый процесс: исследования, связанные с получением литой стали, подвели его вплотную к разгадке секрета булата. Итоги многолетней работы по литым сталям Павел Петрович обобщил в опубликованной «Горным журналом» в 1837 г. работе «О приготовлении литой стали», а в 1841 г. там же был напечатан его труд «О булатах». Эта классическая работа получила широкую известность и была переведена на иностранные языки.

Дорога к тайнам булата была длительной и трудной. П.П. Аносов писал: «Чем более я знакомился с достоинством образцов, тем более убеждался, что первые успехи мои ничтожны, и что переход от едва приметного узора до такой крупности, какая замечается на драгоценных

клинках, составляет океан, который надлежало переплыть многие годы, не приставая к берегу и подвергаясь различным случайностям». Но он блестяще решил эту задачу. Масштабы и оригинальность его работ могли бы сделать честь любому исследователю наших дней, занятому разработкой совершенно новой, загадочной проблемы. Исследования Аносова по своей сути были новаторскими. *При изучении исходных материалов и готовых изделий он в 1831 г. применил микроскоп.* В мировой науке о металлах это был совершенно новый методологический подход. Например, известный английский ученый Генрих Сорби применил микроскоп для изучения микроструктуры стали и железных метеоритов лишь в 1864 г.

Постигая тайны булатных клинков, Аносов основное внимание уделял особенностям рисунка в различных сортах булатной стали. Тщательные исследования показали, что рисунок характеризует кристаллическое строение металла – «кристаллование», т.е. связан с природой самого металла: ***«Наружные признаки суть следствия химического состава и тех физических условий, которые более или менее благоприятствуют к принятию определенного вида, данного природою каждому роду тел».*** На этом основании Аносов выделил пять типов микроструктуры стали: *полосчатый, струистый, волнистый, сетчатый и коленчатый.* Лучшие по качеству – коленчатый и сетчатый; менее качественный булат имел полосчатый вид, у которого «узор состоит преимущественно из прямых, почти параллельных линий».

***П.П. Аносовым впервые было введено в практику и распространено понятие о микроструктуре как о показателе качества металла, а также обосновано выявление микроструктуры травлением и применение микроскопа для изучения микроструктуры как метода исследования.*** Тем самым он внес огромный вклад в развитие металловедения. Ученый считал, что химический состав булатной стали (и основная примесь – углерод) является важным фактором, влияющим на ее свойства. Он работал также над проблемой влияния на свойства стали различных присадок металлов. Принимая во внимание опыты М. Фарадея, изучавшего влияние на сталь платины и алюминия, он считал, однако, что «сплавление стали с платиной не могло принести существенной пользы».

Результаты собственных исследований подтвердили эту точку зрения. Аносов изучал влияние марганца, кремния, хрома, титана, серебра, алюминия и платины на качество булатной стали и установил, что кремний приводит к образованию в ней графита, марганец усиливает волокнистое строение, хром повышает твердость и улучшает полируемость, серебро

понижает окисляемость, золото изменяет цвет стали. *По существу, П.П. Аносов – зачинатель производства специальных сталей – титановых, марганцевых, хромистых и других, в этом он значительно опередил своих современников.*

В 1837 г. из выплавленного булата Павел Петрович изготовил первый клинок. С этого времени на Златоустовской фабрике началось массовое производство булатных сабель и шашек. Несколько их экземпляров отослали в Санкт-Петербург, где ими были восхищены. Об успехах Аносова доложили императору. 20 января 1837 г. главнокомандующий Корпусом горных инженеров объявил «удовольствие царя за поднесенные первые образцы русского булата» (две сабли и одну «черкесскую» шашку). Одну из сабель преподнесли великому князю Михаилу Павловичу. Впоследствии ее передали в Эрмитаж, где она находится и сейчас.

В своей работе «О булатах», в завершающей ее части, П.П. Аносов писал: *«Оканчиваю сочинение надеждою, что скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники выделывать свои изделия булатными инструментами; одним словом, я убежден, что с распространением способов приготовления и обработки булатов они вытеснят из употребления всякого рода сталь, употребляемую ныне на приготовление изделий, требующих особенной остроты и стойкости».*

В 1836 г. он получил привилегию на изобретенную им литую сталь.

*Работая над созданием булатов, выковывая свои знаменитые клинки, П.П. Аносов заложил основы науки о стали. Он оставил после себя плеяду талантливых металлургов, успешно продолживших его дело. Среди них: А.С. Лавров, открывший важнейшие законы ликвации стали; Н.В. Калакуцкий – создатель теории определения внутренних напряжений в металле; А.А. Износков – организатор мартеновской плавки стали; П.М. Обухов – первооткрыватель метода массового производства стали высокого качества; Д.К. Чернов – выдающийся ученый в области металлургии, металловедения, термической обработки металлов, первооткрыватель критических температур, связанных с фазовыми превращениями стали при ее температурной обработке (точки Чернова).*

П.П. Аносов еще и основоположник качественной металлургии в нашей стране, которая занимает видное место в производстве металлических материалов с заранее заданными свойствами, с чем неразрывно связан прогресс машиностроения и новой техники, развитие металлургической промышленности.

За достижения в области горно-металлургической промышленности, освоение ресурсов Урала и Сибири П.П. Аносов в 1825 г. был избран корреспондентом Ученого комитета по горной и соляной части, учрежденного в Санкт-Петербурге, и членом Златоустовского горного ученого общества.

В 1844 г. он стал членом-корреспондентом Казанского университета, а в 1846 г. его избрали почетным членом Харьковского университета «за труды по усовершенствованию горнозаводской части». В целом за труды «на пользу отечественной горной промышленности» П.П. Аносов получил четыре ордена.

В январе 1834 г. Павлу Петровичу присвоили звание полковника Корпуса горных инженеров. В том же году им были обнаружены богатые золотосодержащие пески, на месторождении которых вскоре построили известный Андреевский рудник. Он разрабатывал способ плавки золотоносных песков в тиглях, домне и шахтной медеплавильной печи, а в 1838 г. на Атлянском руднике построили первый золотопромывальный станок Аносова – «самоходка».

1839 г. в творческой жизни Аносова был исключительно плодотворным: Московское общество сельского хозяйства наградило его золотой медалью за усовершенствование производства кос на Златоустовских заводах, Департамент горных и соляных дел – знаком отличия за 20 лет службы, премией в 2 тыс. руб. серебром за сбережения на заводах 180 тыс. руб. и за увеличение промывки золота. Кроме того, ему объявлена благодарность «за успешное улучшение стальных изделий» и опубликован указ об употреблении на инструменты оружейных заводов литой стали, изготовленной по способу Аносова.

В начале 40-х годов XIX в. в Златоусте он получил булатный узор – литую булатную сталь, из которой изготовили клинки, несколько не уступающие по своим свойствам оружию Древней Индии. Известный специалист в области металловедения доктор технических наук Ю.Г. Гуревич отдал немало лет изучению булата. Вот что он пишет о работе Аносова: *«Павел Петрович Аносов получил булатную сталь, сплавляя мягкое железо с графитом и рудой в огнеупорных тиглях. Он оставил подробное описание процесса производства булатной стали и изделий из нее; какие необходимы исходные материалы, как вести плавку, нагреть металл к ковке и даже каким образом полировать и травить готовое оружие... Впоследствии тигельным способом плавки стали, предложенным Аносовым, начали получать легированную сталь, которая по своим качествам почти не уступала булатной».*

В последующие годы Павел Петрович, уже в чине генерал-майора Корпуса горных инженеров, провел успешные работы по отысканию месторождений графита, совершенствовал золотопромывальные машины и даже изобретал новую, устроенную на Миасских золотых промыслах. Построил на Златоустовских заводах шесть железных и чугунных подъездных дорог, закончил проект по усовершенствованию отделения кричных молотов на фабрике. В начале 1847 г. его назначили Томским гражданским губернатором и главным начальником Алтайских горных заводов.

Через четыре года, 13 мая 1851 г., Павел Петрович скончался в Омске во время служебной командировки. Там же его и похоронили, и на средства его почитателей на могиле установили мраморный памятник и решетку.

*Подводя итог, необходимо отметить, что за свою жизнь Павел Петрович сделал не одно крупное открытие: создал способ газовой цементации железа при переделе в сталь; применил метод прямого получения стали из руд в тиглях; открыл технологию передела чугуна в сталь с присадкой руды – позднее это стало основой современного мартеновского процесса. Однако вершина творчества Аносова-металлурга – получение русского булата, особого сорта высококачественной, необыкновенно прочной стали, обладающей уникальными режущими свойствами.*

Сегодня ученым известно, что булатная сталь – это литой сплав железа с углеродом; сталь, минимально загрязненная такими примесями, как сера, марганец и кремний. Из нее изготавливали главным образом холодное оружие – булат, который легко дробил камни и рубил железные прутья. Рожденный в древности умельцами Индии, булат в Европе ценился «на вес золота». Кстати, в Средние века индийская сталь приходила в европейские страны в основном через Персию. По-персидски сталь – «пулад», а в Европе индийские клинки, кинжалы и сабли стали называть «булат». Мастера далекого прошлого так тщательно скрывали секрет оружейного металла, что в конце концов он был утерян. Более семи столетий его безуспешно искали. И только Аносов, в течение десяти лет сплавляя в разных пропорциях железо с кремнием, марганцем, хромом, титаном и другими металлами, открыл тайну булата. Златоустовский булат не раз был отмечен на российских и международных выставках XIX в. (Крылатый конь, выгравированный уральским мастером Иваном Бушуевым на «аносовских» клинках, стал неотъемлемой частью и герба Златоуста).



Признавая и даже особо подчеркивая заслуги великого металлурга в развитии отечественных технологий, биографы советского времени, к сожалению, во многом исказили облик исследователя. Документы, связанные с его жизнью и деятельностью, публиковались в сокращенном, а нередко и «препарированном» виде. Например, в книге «Аносов», изданной в 1954 г. в серии «Жизнь замечательных людей», в угоду требованиям времени опущены многие факты и детали из жизни ученого. Аносова старались показать «народным героем», либералом, вольнодумцем, человеком, неугодным царской администрации. Так ли это?

Открыв формулярный список П.П. Аносова, можно узнать: сын мелкого служащего, сирота с 13 лет, Аносов, окончив Петербургский горный кадетский корпус, стал крупным администратором, руководителем огромного Златоустовского горного округа. В 1840 г. (в 44 года) он получил чин генерал-майора. Причины столь блестящей карьеры легко объяснимы: Аносов, конечно же, был человеком своего времени, своей эпохи, считавшим неотъемлемым долгом безупречно служить государю и Отечеству. Известно, что Павел Петрович обладал талантом руководителя. На Златоустовских казенных заводах он ввел столь щадящие нормы выработки, о которых рабочим частных заводов оставалось только мечтать. И такой подход давал прекрасные результаты.

Документы, однако, отразили и другую сторону его характера. Ему принадлежит весьма жесткий ответ на предложение Горного ведомства о привлечении «малолетов» к заводским работам лишь по желанию родителей. В своем замечании на этот пункт Аносов писал: *«Кажется, ближе к достижению цели правительства предоставить распределение малолетов к занятиям (...) местному начальству, а не желанию отцов»*. Высказывание это трудно назвать либеральным. Не видел Аносов ничего зазорного, если за серьезные проступки заводских рабочих без всякого суда подвергали телесным наказаниям. Рукой Аносова подписан документ о наказании «шпицрутеном через 1000 человек» мастерового Федора Трофимова за побег с завода.

Несправедливо утверждали советские историки и о невнимании царской администрации к изобретениям Аносова. Их опровергает переписка Горного департамента с главным начальником горных заводов Урала за 1837 г. Аносов подал донесение об успешных опытах по извлечению золота пирометаллургическим путем из песков. В ответ Ученый комитет Департамента горных и соляных дел составил программу подобных экспериментов на всех горных заводах Урала. Лишь после того как эксперименты везде оказались неудачными, главный начальник горных заводов В.А. Глинка признал опыты несостоятельными и даже

«химерными». Однако опыты П.П. Аносова, которым, по словам П.Н. Демидова, «удивлялась вся Европа», оказались неудачными лишь потому, что идея, как нередко случается, опередила время. Впоследствии она повлекла за собой усовершенствование процессов рафинирования цветных металлов.

Во времена П.П. Аносова Златоуст стал своеобразной Меккой, притягивающей многих замечательных людей, жаждущих общения со знаменитостью. Здесь побывали всемирно известный естествоиспытатель и путешественник А. Гумбольдт, член Российской академии наук А.Я. Купфер, поэт В.А. Жуковский, основатель отечественной статистики К.И. Арсеньев и др. Известный английский ученый-геолог Р. Мурчисон назвал Златоустовский завод, руководимый генерал-майором Аносовым, «Шеффилдом и Бирмингемом хребта Уральского».

Что привлекало сюда людей? Бесспорно, выдающийся талант ученого-исследователя, умение великолепно поставить сложнейшее производство и не только. Огромным было личное обаяние этого человека. Читая его работы, нельзя не поразиться тонкому пониманию природы, глубокой поэтичности его натуры.

### *История булатной стали до ее переоткрытия П.П. Аносовым*

Технология изготовления булатной стали не только интересная историческая и археологическая проблема, исследования в этой области оказали огромное влияние на современную науку. Этот материал, неизвестный для большинства, тем не менее так или иначе коснулся каждого рожденного в XX в. и будет оказывать влияние на род людской и в обозримом будущем. Без ранних исследований булатной стали не существовало бы автомобилей, поездов, самолетов, небоскребов.

Впервые Европа познакомилась с булатом при столкновении армии Александра Македонского с войсками индийского царя Пора. Особенно поразил македонцев панцирь захваченного в плен царя. Он был сделан из необыкновенно прочного белого металла, на котором македонское оружие не смогло сделать ни вмятины, ни царапины. Из булата были изготовлены и широкие индийские мечи, которые легко рассекали пополам македонское железо. По свидетельству историков, древнее европейское железное оружие было настолько мягкое, что после двух-трех ударов уже гнулось, и воины вынуждены были отходить, чтобы выпрямить клинок. Естественно, что индийские мечи для македонцев казались чудом.

Появление названия «дамасская сталь» часто приписывается средневековым крестоносцам. Несмотря на то что это мнение довольно распространено, тем не менее не существует ни одного подтверждения тому, что крестоносцы когда-либо использовали этот термин, ни в одном литературном источнике. Более того, не существует ни одного археологического подтверждения тому, что хотя бы одно такое лезвие когда-либо было произведено в Дамаске. Существуют более правдоподобные объяснения появлению словосочетания «дамасский меч». Исламские авторы обычно именовали мечи по рисунку на поверхности, расположению мастерской или имени мастера оружейника. Альтернативные причины именованья некоторых мечей показывают, что даже в раннеисламский период источники имен для мечей были неочевидны.

Существуют три правдоподобные гипотезы возникновения словосочетания «дамасский меч». Вода на арабском называется дамас и дамасские клинки часто описываются как имеющие водообразный рисунок на поверхности. Другой вариант – некоторые исламские авторы утверждают, что некоторые мечи, называемые дамасцины, были произведены и окованы в Дамаске. Однако другие ссылаются на кузнеца-оружейника по имени Дамаскуй, который делал мечи из литой стали. Любая из этих гипотез, если не все вместе, вполне может соответствовать действительности, но совершенно точно, что это не крестоносцы называли дамасскую сталь таким образом. Корень «дамас» (вода) кажется наиболее вероятным, поскольку связан с характерным и специфичным рисунком на поверхности. Возможно, это ошибка европейцев, которые, не разбираясь в арабском, решили, что речь идет о сирийском городе Дамаске, а не водообразном рисунке на поверхности. Таким образом, Персия стала родиной пулада, или булата, что по-персидски означает «сталь». Как полагают некоторые ученые, это слово произошло от названия древней страны Пулуади, находившейся когда-то, более тысячи лет до нашей эры, на территории современных Турции, Ирана, закавказских республик. Постепенно термин «булат» обрел собирательное значение: так начали именовать лучшие сорта стали, независимо от их «национального происхождения», – и индийский вуц, и сирийский Дамаск, и, собственно, персидский булат; впрочем, достаточно широкое распространение в том же смысле получил и другой собирательный термин – «дамаск». Булатом же часто стали называть также само холодное оружие из булатного металла: мечи и сабли, кинжалы и ножи. Булат имел много разновидностей, среди которых особо ценились табан (по-персидски

«блестящий») и хорасан («восход солнца»). Изделия из них не только отличались необычайно высоким качеством, но и имели на редкость красивый узор: на темном фоне с золотистым отливом виднелись четкие светлые линии, образующие крупную сетку или коленца. Надо сказать, что булатный узор, (его рисунок и размеры в сочетании с цветом фона) считался одним из основных критериев при оценке достоинств оружия, поскольку он свидетельствовал как о высоком качестве стали, так и о мастерстве кузнеца, отковавшего клинок (рис. 5).



Рис. 5. Клинки из булатной стали

Узоры могли быть сравнительно простыми в виде прямых полосок или волн, реже встречался более сложный рисунок: изогнутые линии переплетались в пряди или гроздья и вместе с прямыми линиями также образовывали сетку. Еще более редким, а потому наиболее ценным, считался коленчатый узор, располагавшийся по всей ширине клинка в виде непрерывно повторяющихся от основания до острия поперечных поясков-прядей. Чем темнее был цвет основного металла, тем дороже ценился клинок. Поэтому одним из самых дорогих слыл булат под названием кара-табан – «черный блестящий», с золотым отливом и четко выраженным коленчатым узором, который повторялся по длине клинка примерно четыре десятка раз. Такой особенностью узора и объяснялось второе название этого вида кара-табана: «сорок ступеней».

Считанные булаты удостоились чести иметь собственное имя. К их числу относится персидская сабля, хранящаяся в нью-йоркском музее Метрополитен: ее неповторимый узор получил название «Лестница Магомета».

Но как бы ни прекрасен был булатный узор, он служил лишь той «одежкой», по которой встречают. Любуясь рисунком на клинке, знатоки не забывали оценить и его «деловые качества»: остроту, прочность, твердость, упругость. Для этого существовал ряд приемов, которыми пользовался покупатель. Рассмотрев узор на клинке и найдя его вполне достойным булата, он слегка ударял по металлу: продолжительный, чистый и высокий звук говорил о добротности оружия. Главные же испытания были впереди. Желая приобрести клинок брал его за оба конца, прикладывал к голове и сгибал до тех пор, пока металл не касался ушей. Затем строгий экзаменатор отпускал один конец клинка и, когда металл с пружинистым звоном распрямлялся, придирчиво разглядывал клинок: обрел ли он прежнюю прямизну или сохранил следы деформации? Оставалось проверить остроту лезвия. Для этого клинок наклоняли и на его режущую кромку набрасывали легкую ткань: если, сползая с лезвия, она разрезалась, испытания считались законченными. Клинок получал отличную оценку, а продавец вправе был запрашивать за свой товар солидную плату.

Булатное оружие высоко ценилось во все времена у всех народов, знавших толк в металле. Во многих странах Востока о чудо-клинках слагались легенды. Согласно одной из них, о которой поведал читателям Вальтер Скотт в романе «Талисман», египетскому султану и полководцу XII в. Саладину довелось как-то состязаться в ловкости и воинском искусстве с английским королем Ричардом I по прозвищу Львиное Сердце. Могучим ударом своего огромного меча Ричард без труда перерубил рыцарское копьё, продемонстрировав тем самым свою недюжинную силу и высокую прочность меча. Что же противопоставил ему Саладин? Сначала он взял шелковую пуховую подушку, поставил ее и замахнулся саблей. «Лезвие сабли скользнуло так молниеносно и легко, что подушка, казалось, сама разделилась на две половины, а не была разрезана», – повествует романист. Англичане были поражены увиденным, но Саладин решил изумить их еще больше. Он подбросил в воздух невесомый газовый платок и рассек его на лету своим клинком. Это свидетельствовало не только о воинском искусстве султана, но и об удивительной остроте его оружия, выполненного из знаменитой булатной стали.

Понятно, что сам по себе исходный материал, будь то индийский вуц, сирийский дамаск или персидский хорасан – еще не гарантировал высокого качества изделия. Чтобы откованный из булатной стали меч или кинжал оказался ей под стать, от кузнеца требовалось подлинное искусство в проведенииковки, термической обработки металла,

художественной отделки готового клинка. У каждого большого мастера были свои особые секреты, позволявшие ему изготавливать неповторимое «фирменное» оружие. Чтобы прокованный и отточенный затем металл всегда оставался острым, как бритва, он должен был обладать двумя, казалось бы, взаимоисключающими свойствами: с одной стороны, высокой твердостью, чтобы не ломаться и не крошиться при ударах, а с другой стороны, относительной мягкостью (разумеется, применительно к такому прочному материалу, как сталь, понятие «мягкость» носит условный характер), вязкостью, податливостью, чтобы лезвие самозатачивалось в процессе работы. Этим условиям отвечала литая булатная сталь, плавить которую умели лишь самые искусные мастера железного дела. В то же время спрос на холодное оружие высокого качества был велик. Но где же напасть стольким количеством литого булата, чтобы его хватило на всех оружейников?

История не сохранила имени того кузнеца, которому где-то и когда-то первому пришла в голову оригинальная мысль: ковать мечи не из цельного куска стали, а соединять ковкой несколько тонких полос металла, чередуя при этом твердые и мягкие слои и тем самым как бы имитируя булат, сочетающий в себе эти свойства. К тому же, сваривая между собой и проковывая много разнородных по структуре полос, удавалось получить на поверхности клинка искусственные узоры, во многом сходные с естественным рисунком настоящей булатной стали. Особенно выразительные узоры возникали тогда, когда мастер, сварив полосу из многих слоев, перегибал ее пополам и снова сваривал половинки в одно целое, повторяя эту операцию еще и еще, пока число слоев не достигало сотен и даже тысяч. Иногда кузнец скручивал наподобие каната несколько стальных полос, прутков или проволочек различной твердости, нагревал и затем ударами молота превращал в монолитный металл, из которого он и выковывал клинок.

После травления на лезвии проступал отчетливый узор, зависящий от многих факторов: характера свариваемых металлов, их формы и размеров, способов взаимной укладки или скручивания. И, конечно же, важное значение имело мастерство кузнеца, его умение подобрать и «сплести» воедино компоненты материальной основы будущего клинка.

Свое искусство кузнец отнюдь не стремился сделать всеобщим достоянием: сварку пластин или прутков он обычно проводил в полном одиночестве, чтобы излишне любознательные гости не видели, в каком порядке укладываются исходные металлы и как ведется процессковки. Другие же мастера, напротив, нет-нет да и приглашали в кузницу

посторонних и совершали таинство сотворения клинка в их присутствии. В полумраке мастерской то и дело вспыхивали снопы искр, и гость мог заметить, как кузнец совершает непонятные действия, например, насыпает железные полосы каким-то неведомым порошком. Секрет же порошка, использовавшегося в качестве флюса для лучшей сварки отдельных полос, мастер, разумеется, не раскрывал никому. Обычно флюсами служили различные измельченные камни, песок, химические соединения и даже пепел заживо сожженного кота. Информация о таинственных ритуалах, совершаемых кузнецом, создавала вокруг него ореол волшебства, отблеск которого падал и на изготавливавшееся им оружие. Цена на него была, конечно же, выше, чем на изделия рядовых оружейников, не имевших волшебной славы.

Среди кузнечных рецептов, обеспечивавших высокое качество клинка, встречались довольно необычные: небольшие кусочки железа давали проглотить гусям, спустя время металл извлекали и проковывали в тонкие полоски и проволоку, а затем, используя их в тех или иных комбинациях с другими железными и стальными пластинами, отковывали отменный меч – прочный и острый. Такие рекомендации, на первый взгляд, могут показаться странными и даже нелепыми. Между тем резон в них был, и немалый: поварившись в желудочном соку, например, с повышенной кислотностью, железо и впрямь могло изменить свой состав, а значит, и свойства.

Хотя по качеству многослойная продукция несколько уступала настоящему литому булату, она значительно превосходила клинки из обычной стали, поэтому производство такого вида оружия постепенно расширялось, охватывая все новые и новые регионы. Пожалуй, особенно большое развитие оно получило в Дамаске. Видимо, этим и объясняется тот факт, что за многослойным холодным оружием в дальнейшем закрепилось название «дамасская сталь» или «наварной Дамаск». Кроме того, в отличие от более древнего литого булата, новый булат начали называть сварочным.

Начало XV в. стало и началом заката славы булата: в 1401 г. орды Тимура захватили Сирию, разграбили и сожгли Дамаск. Свыше ста тысяч сирийских ремесленников, в том числе множество оружейников, грозный завоеватель насильно переселил в свою столицу Самарканд, желая превратить его в новую столицу холодного оружия. Секрет булата был утерян, а затем вновь открыт в 1837 г. Павлом Петровичем Аносовым. После смерти Аносова несмотря на то, что он оставил довольно пространное описание процесса получения булатной стали, что у него

имелись способные помощники и ученики, производство узорчатого металла вскоре сошло в Златоусте на нет. Причин тому было немало, и одна из них заключалась в следующем: в те времена металлургия делала лишь первые шаги на пути, превратившем ее позже из ремесла, пусть весьма искусного, но все же ремесла – в науку, и поэтому даже такой скрупулезный металлург-исследователь, как Аносов, не мог составить строго научную технологическую инструкцию, позволявшую бы в точности воспроизводить процесс изготовления булата.

Примерно в тот же период металлургическим миром овладели идеи Бессемера и Мартена, в корне изменившие характер и масштабы сталеплавильного производства, а на рубеже прошлого и нынешнего веков в металлургию пришел новый работник – электрический ток. Железоделательные заводы начали выпускать легированные стали, в которые, наряду с железом и углеродом, входили такие элементы, как хром, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан, чудодейственным образом улучшавшие свойства металла.

Интерес к новым сталям, способным не только конкурировать с булатом, но и превзойти его по многим статьям, рос не по дням, а по часам. В то же время ореол совершенства, веками окружавший булатную сталь, постепенно начал меркнуть. Да и как ему было не меркнуть, если при ударе шашкой из хромистой стали по булатному клинку, на нем появлялась зазубрина, а на шашке после такой встречи не оставалось ни следа. В этой, в корне изменившейся обстановке, на металлургическом «фронте» секрет производства булата вновь оказался утерянным.

Современные качественные легированные стали превосходят дамасскую сталь по всем показателям: прочности, упругости, режущим свойствам, но добиться таких выдающихся свойств в одном образце не удастся и сейчас.

Ученые располагают сегодня солидной, но не исчерпывающей информацией и о самом булате, и о его технологии. Так, специалист знает, что булатный металл – это чистая литая высокоуглеродистая сталь, обладающая естественным узором. Однако до сих пор среди ученых нет единой точки зрения, например, по поводу содержания углерода,ковки, термической обработки и отделки (шлифовки и полировки) булата.





### ГЕНРИ КЛИФТОН СОРБИ

Генри Клифтон Сорби (англ. *Henry Clifton Sorby*) (родился 10 мая 1826 г. (Вудбурн, Англия) – скончался 9 марта 1908 г.) – английский естествоиспытатель и петрограф, член Лондонского королевского общества. Родился в богатой семье среднего класса. Его отец был производителем инструментов, владельцем фирмы «Джон Сорби и сыновья». Но Генри Сорби в семейный бизнес не вошел, после отъезда из Шеффилдской университетской школы, которую он изучил дома с частным наставником, в возрасте 15 лет решил стать ученым. Хотя его семья, возможно, легко позволила бы себе отправить его в Университет, но тогда не было никаких курсов в университете, имеющих дело исключительно с науками, и степень не помогла бы ему в научной карьере. В 1847 г., когда ему исполнился 21 год, его отец умер, и Сорби стал прямым наследником всего состояния, с которым не нужно было зарабатывать на жизнь. Вместо того, чтобы наслаждаться модной жизнью джентльмена, он немедленно создал научную лабораторию с мастерской у себя дома и посвятил этому остальные 60 лет своей жизни. Он работал до последних дней своей жизни. Эта финансовая независимость была очень важна в его работе. Освобожденный от финансовых ограничений, он был в состоянии преследовать его собственные линии научного запроса, даже когда они, казалось, были дороги и непроизводительны, и он был, возможно, последним великим научным любителем в возрасте, когда наука становилась беспокойством профессионалов.

### *Геологические работы*

Главные достижения Сорби лежат в области геологии, и одной из причин его малой известности является то, что он работал в областях, которые не так легко понять не специалисту в данной области. В 1849 г. он ввел новую ветвь геологии «микроскопическая петрография» – микроскопическая экспертиза очень тонких шлифов горных пород. Он приводил тонкие части горных пород вручную к невероятной тысячной толщине дюйма и затем исследовал их под микроскопом в нормальном и поляризованном свете.

В оптическую систему петрографического микроскопа вставлены два поляроида с плоскостями поляризации света, повернутыми друг относительно друга на угол в  $90^\circ$ . Если поместить шлиф между поляроидами, то при прохождении света сквозь кристаллы, составляющие горную породу, возникают эффекты преломления и интерференции, позволяющие точно измерить оптические константы и по ним определить соответствующие минералы. Кроме того, под микроскопом можно выявить важные детали строения горных пород, которые не видны невооруженным глазом.

Применение поляризационного микроскопа позволило перейти от поверхностных визуальных наблюдений к точному научному исследованию горных пород, определению их полного минерального состава, структуры, а также изучению оптических свойств, слагающих их минералов.

Микроскоп не был изобретен Сорби, но именно он оценил его значение для геологического исследования и развивал его в принятую ветвь науки. Сам Сорби написал много лет спустя: «В те ранние дни люди смеялись надо мной. Они цитировали Соссюра, который сказал, что это не было надлежащей вещью, чтобы исследовать горы с микроскопами, и высмеивали мои действия во всех отношениях. К счастью, на большинство из них я не обратил внимания».

Сорби указал своим критикам, что никто не ожидал, что астрономы ограничат свои наблюдения тем, что они и так могли видеть невооруженным глазом, почему должен геолог быть столь ограниченным, и прокомментировал, что нет никакой необходимой связи между размером наблюдаемого объекта и ценностью фактов и заключений, которые будут получены из него. Изучая горные породы, Сорби был в состоянии обнаружить, как они были сформированы, и в 1853 г. он применял эти микроскопические методы к исследованию спорного явления, известного

как «синевато-серый раскол» (факт, что сланцы сформируют линии раскола в указаниях, не связанных с путем, которым они были первоначально депонированы). Многие геологи занимались изучением этой проблемы, и были выдвинуты несколько объяснений, но Сорби оказался тем, кто наконец окончательно доказал, что это происходило из-за механического давления. В 1857 г. он был избран членом Королевского общества.

### *От геологии к металлургии*

Сорби всегда был научным пионером. Когда-то он решил, что будет углублять одни исследования и оставит другие, чтобы объединить области исследования, которые он открыл. В своем микроскопическом исследовании горных пород он заинтересовался мелкими жидкими включениями в кристаллах минерала и тем, как они могли использоваться, чтобы показать пути, которыми сами горные породы были сформированы миллионы лет назад. Это привело его к изучению метеоритов и метеоритного железа, а затем к микроскопическому исследованию современного производства чугуна и стали, что было очень уместно изучать в Шеффилде. В 1863 г. он работал в новой области исследований, а именно «микроскопической металлургии», которая в настоящее время признана частью современной металлургии.

### *Микроскопические работы*

Микроскопическая работа в металлургии привела Сорби к изобретению микроскопа спектра, и эта работа ввела еще одну новую ветвь научного исследования – «микроспектроскопии». С помощью этой техники он разработал спектроскопические методы для обнаружения следов крови. Он также применял свой микроскоп спектра к почти каждой научной проблеме, в которой цвет играет какую-либо роль, изучая пигмент листьев, грибов, яиц птиц, волос, неба, насекомых, морских водорослей и полудрагоценных камней.

Он опубликовывал результаты своих исследований и всегда был готов продемонстрировать его («прямое видение») под микроскопом тем, кто был заинтересован. Среди них был Джон Рескин, который был другом Сорби в течение многих лет. Сорби был уверен, что он обнаружил новый элемент, который он назвал *Jargonium*, путем спектрального анализа, но после дальнейшей работы над предметом он понял, что он ошибся. Это была его единственная крупная ошибка в исследованиях.

### *Национальное признание*

За свою жизнь Сорби получил национальное и международное признание своих работ, хотя он никогда не искал почестей и считал получение удовлетворенности после своих оригинальных исследований собственной наградой. Среди многих наград он получил три золотые медали. Он был избран Почетным доктором юридических наук в Кембриджском университете, неоднократно был президентом Королевского микроскопического общества, Минералогического общества, Геологического общества и геологической отрасли Британской ассоциации.



### **ЧАРЛЬЗ НЕЛЬСОН ГУДИЕР**

Чарльз Нельсон Гудьер (англ. *Charles Nelson Goodyear*) (родился в 1800 г. (Нью-Хейвен, штат Коннектикут, США) – скончался в 1860 г.) за свою жизнь стал свидетелем многих технических новшеств, таких как: хлопкоочистительная машина, уборочная машина Маккормика, пароход Роберта Фултона и процесс выплавки чугуна.

В генеалогическом древе семьи Гудьер, отмеченной характерной для «янки» страстью к изобретениям, особое место занимает Стивен Гудьер – английский купец, участвовавший в создании колонии в Нью-Хейвене и одно время бывший ее губернатором. Отец Чарльза, Амос Гудьер, также был изобретателем. Он первым начал производить в Соединенных Штатах перламутровые и металлические пуговицы, которые использовались в униформе солдат во время войны 1812 г.

В возрасте 16 лет Чарльз был энергичным и серьезным молодым человеком и собирался стать священником. Амаза отговорил сына от принятия духовного сана, но Чарльз продолжал хранить веру в то, что его жизнь предназначена для служения высшей цели. Чарльз и его молодая жена Кларисса переехали в Филадельфию, где он открыл первый в стране хозяйственный магазин. Специализируясь на продукции, выпускаемой отцом, Гудиер стал преуспевающим человеком, но разрушительный экономический кризис 1827 г. вынудил Гудиера закрыть магазин. Он остался один на один с многочисленными долгами. В отличие от своих деловых партнеров, Гудиер отказался объявить себя банкротом и в 1830 г. был отправлен в долговую тюрьму. Это было его первое, но впоследствии не единственное тюремное заключение за неуплату по долгам.

### *Проблемы с каучуком*

Каучук веками использовался коренными жителями Южной Америки, которые протыкали стволы каучуконосных деревьев и собирали стекавшую молокообразную жидкость, сушили ее над огнем или на солнце, а затем изготавливали из получившейся вязкой массы обувь или игрушки. Вскоре после открытия Америки Христофор Колумб отметил в своем дневнике, что гаитянские дети играли интересным пружинящим мячиком, сделанным из этого вещества. Но со времен Колумба и до тех пор, пока Чарльз Гудиер не превратил его в технологичный и ценный продукт, европейцы и американцы относились к каучуку в основном как к диковине. Первый образец каучука, посланный в Европу, прибыл туда вместе с французскими исследователями в 1736 г. Но большой пользы в нем никто не увидел, он мог демонстрироваться богатыми европейцами в качестве причудливой вещицы или использоваться как карандашный ластик, пока Чарльз Макинтош не разработал в 1823 г. прорезиненный плащ. «Макинтош» приобрел популярность в Шотландии, местности, где редко бывают экстремальные температуры, но другая прорезиненная продукция не пользовалась таким успехом. Пораженные водоотталкивающими качествами этого материала, европейцы отправляли тысячи пар обуви в Южную Америку, где местные жители погружали ее в жидкий каучук. Но каучук оказался чувствительным к температуре, и покрытая им обувь, как правило, трескалась зимой и превращалась в клейкую кашу летом. Кроме того, немногие могли позволить себе купить туфли, которые отправляли за полсвета, чтобы их окунули в то, что южноамериканцы называли «*caoutchouc*», воспроизводя звук, который этот материал издавал при растяжении.

В 1934 г. Гудиер столкнулся с проблемами, волнующими каучуковую индустрию с самого начала ее существования и лишавшими ее возможности производства полезной продукции. Однажды, будучи в Нью-Йорке, он заглянул в витрину магазина компании «*Roxbury Rubber Company*» и заметил в ней спасательный круг с неудачно сконструированным надувным клапаном. Он решил, что может сделать лучше и несколькими днями позже вернулся в магазин со своей усовершенствованной моделью. Во время беседы владелец магазина Е.М. Чаффи сказал ему: «Что действительно нужно компании – это найти способ, чтобы каучук перестал плавиться, липнуть и разрушаться при жаркой погоде и растрескиваться при холодной». Гудиер воспринял слова Чаффи как личный вызов.

### ***Первая компания по производству каучуковых изделий***

«*Roxbury Rubber Company*» была первым в мире зарегистрированным производителем обуви с использованием каучука и находилась в самом начале своего пути, когда Чарльз Гудиер остановился, чтобы заглянуть в витрину ее магазина. Между тем Е.М. Чаффи из Роксбери, штат Массачусетс, в 1833 г. делал лакированную обувь путем растворения каучука в скипидаре и нанесения получившейся смеси на материю с добавлением ламповой сажи в качестве красителя. Посчитав это технологическим прорывом, Чаффи вложил в дело 35000 долларов. Его предприятие быстро разрасталось с поступлением инвестиций в размере 2 млн долларов. Но к лету изделия, произведенные в предыдущие холодные месяцы осени, зимы и весны, были возвращены на фабрику Чаффи; прорезиненные туфли и пальто плавилась при летней жаре, превращаясь в отвратительно пахнущую черную липкую массу. Однажды летней ночью партнеры фабрики «*Roxbury*» собрались, чтобы закопать испорченную продукцию стоимостью 20000 долларов в попытке скрыть от обеспокоенных инвесторов запах и вещественные доказательства своей неудачи. Тайна каучука тогда так и не была раскрыта.

Чарльз Гудиер верил, что каучук можно усовершенствовать при помощи процесса «дубления» или «консервирования», аналогичного тому, что применяется в кожевенном производстве. Отказавшись от всех других интересов, он неустанно работал с каучуком, добавляя к нему различные элементы, чтобы добиться устойчивой химической реакции. Любимую кухню своей жены он превратил в лабораторию. В то время, что он проводил в тюрьме за неуплату долгов, он просил, чтобы ему принесли мраморную доску, скалку, кусочки каучука и химические реагенты. Энтузиазм, который мог бы сослужить ему хорошую службу, стань он священником, был направлен на изобретательскую работу.

В 1838 г. он познакомился с Натаниэлом Хейвардом, который обнаружил, что под воздействием солнечного света смесь серы с каучуком в значительной степени теряет свою клейкость. Воодушевленный этой идеей, Гудьер составил заявку на патент за безграмотного Хейварда, купил патент за 200 долларов и взял Хейварда к себе в помощники. Затем Гудьер открыл, что погружение каучука в ванну с азотной кислотой приносило похожие результаты. Он думал, что это и был тот процесс консервирования, к которому он стремился. Гудьер верил, что его азотная ванна производила химические изменения по всей толще каучукового листа, а не только на поверхности, как это было со всеми изобретенными ранее процессами.

При поддержке своего шурина Гудьер открыл дело в Вобурне, штат Массачусетс. Он снял дом для своей семьи и близлежащую фабрику для производства прорезиненной обуви и тканей. Сначала бизнес шел хорошо. В 1838 г. Гудьер получил патент на свой процесс кислотного отверждения и начал проводить «сольную» пиар-кампанию о достоинствах каучука (рис. 6). Он выпускал каучуковые игрушки и одежду, тонкие калоши и зонты. Он носил каучуковый костюм. Он отправлял отпечатанные на каучуке письма Генри Клэю, Джону Калхуну и Эндрю Джексону. Люди стали обращать на них внимание, и вскоре его ассортимент гофрированных изделий, изготовленных путем нанесения тонких слоев каучука на ткань, стал быстро раскупаться. Впервые со времен хозяйственного магазина Чарльз Гудьер добился успеха.

**UNDER GOODYEAR'S PATENT.**  
ESTABLISHED IN 1839.

The Subscriber offers a large assortment of Rubber Goods at reduced prices.

**AMONG THE VARIETY OF WATER-PROOF AND AIR-TIGHT GOODS, ARE**

<p><b>Mechanic's Apron.</b></p> <p>Air Beds and Pillows, Air Cushions for Chairs, Aprons for Tailors, Aprons for Truckmen, Bathing Mats and Caps, Bathroom Fruits, Carriage and other Cloths, Caps, Coats, and Cloths, Caps and Sweaters, Camp Blankets, Crumb Cloths, Cooking and Garden Hose.</p>	<p>Trunking Caps and Canteens, Guns and Fish Bags, Gun Covers, Gloves and Mittens, Horse Covers, Horse Boots and Penders, Hunting and Fishing Boots, Leashes, long and short, Life Preservers and Jackets, Ladies' Blankets, Overcoats, Overalls and Pants, Rubber Cases and Combs,</p>	<p>Paper Shields, Pencil and Foot Balls, Seaman's Bags, Suspensors and Elastic, Syringes and Breast Pumps, Travelling Bags, Table Covers, Tobacco Wallets, Toothing Rings and Toys, Wagon Covers, Underclothing for Beds, Urnin' Bags, &amp;c., &amp;c.</p>
---	---	---

<p><b>Horse Covers,</b> <b>Gents' Heavy Boots,</b> <b>Gents' Overshoes,</b> <b>Ladies' Boots,</b> <b>Ladies' Shoes,</b> <b>Misses' Overshoes,</b> <b>Boys' Boots,</b> <b>Youths' Boots,</b> <b>Heavy Black Rubber Coats,</b> <b>Heavy White Rubber Coats,</b> <b>Leggins,</b></p>	<p><b>Deer Mats,</b> <b>Bathing Tubs, inflated,</b> <b>Spoons,</b> <b>Chest Expanders,</b> <b>India Rubber Penrils,</b> <b>Thimbles,</b> <b>Card Baskets,</b> <b>Ladies' Sewing Chairs,</b> <b>Ladies' Brooches,</b> <b>Bread Pans,</b> <b>Ear Rings,</b> <b>Hair Pins,</b> <b>Crosses, and other India Rubber Ornaments.</b></p>
---	---

**N. B.** A beautiful article of Gentlemen's silk Reversible Coats, weighing only 12 oz. Also, a superior article of Reversible Macintosh Coats.

**C. HAYES, 26 School St., Boston.**  
UNDER REV. A. A. MINER'S CHURCH.

Рис. 6. Реклама одного из магазинов Бостона, торгующего продукцией, произведенной по патенту Чарльза Гудьера

Но, как и прежде процветание оказалось недолговечным. В то время Гудиер выиграл правительственный контракт на производство 150 почтовых сумок и спасательных кругов (его любимый проект с тех пор, как в магазине «*Roxbury*» ему попался на глаза тот самый спасательный круг, вдохновивший его на изобретения). Подготовленные почтовые сумки висели себе на фабрике в Вобурне, дожидаясь даты поставки. Однажды вечером, вернувшись из деловой поездки в Нью-Йорк, Гудиер пришел на фабрику и обнаружил, что 150 тканевых ремней висят на крючках, а под ними расплылась черная масса. Каучук не выдержал летней жары. Затем последовали уже знакомые жалобы: покупатели стали возвращать товары, и вскоре фабрика закрылась.

Как и успехи Гудиера, его поражения были кратковременными. Счастливая случайность, произошедшая в 1839 г., превратилась в легенду, и разные источники приводят противоречивые подробности открытия вулканизации Гудиером. Пожалуй, самые интересные из них содержатся в книге «Чарльз Гудиер: подробный биографический очерк», автор которой, Хью Аллен, говорит о возможном участии в этом Клариссы Гудиер. Непрерывающиеся опыты ее мужа привели семью к такой нищете, что ее пропитание зависело от соседей, и Кларисса умоляла Чарльза отказаться от каучука и хотя бы пообещать сосредоточить свою энергию на том, чтобы зарабатывать деньги. Но однажды, зимним днем 1839 г., когда Кларисса вышла в магазин, он спешно смешал небольшое количество каучука с серой. Услышав, что жена вернулась, он швырнул каучук в печь, потом вынул его до того, как он начал пахнуть, и выбросил из окна в сугроб.

Сам Гудиер, рассказывая об этом в своей книге «Каучук» (*Gum Elastic*), переносит место действия из своего дома в помещение расположенного поблизости магазинчика. Гудиер пишет о себе в третьем лице: «В доме, где он всегда останавливался, приезжая на фабрику в Вобурн, изобретатель провел ряд опытов, чтобы подтвердить эффект, производимый нагреванием, на соединение, которое разрушалось в почтовых сумках и других изделиях.

Он с удивлением обнаружил, что образец, случайно попавший в контакт с раскаленной печью, обуглился как кожа. Он попытался обратить внимание своего брата и еще нескольких человек, знакомых с производством каучука, на этот поразительный эффект, не похожий ни на что ранее известное, поскольку каучук всегда плавился под воздействием высоких температур. Эта находка на тот момент не показалась им достойной внимания: к ней отнеслись как к одному из частых призывов, с которыми Гудиер имел обыкновение обращаться во имя своего очередного нового эксперимента».



В обоих описаниях Гудиер не воздействовал на каучуковое соединение высокими температурами, поскольку он знал, что каучук легко плавится. Случайность оказалась счастливой, потому что она показала Гудиеру, что если каучук смешивается с серой, а затем подвергается воздействию тепла при нужной температуре в течение необходимого времени, может получиться прочный материал. Каучук обуглился, потому что химическое изменение сработало не только на поверхности, но и по всей толщине материала.

Открытие, которое значило так много для каучуковой промышленности и в конечном итоге для всего мира, не принесло счастья семье Гудиер. Подстегиваемый своим открытием, Гудиер игнорировал требования жизни о практичности. Всю зиму того года и в следующем году семья испытывала крайнюю нужду: в какой-то момент Гудиер продал постельное белье своей жены и даже детские учебники, чтобы выручить деньги на продолжение опытов.

На Гудиера вышла компания, пожелавшая приобрести права на открытый им процесс кислотного отверждения. Дело закончилось тем, что Гудиер вернул деньги, вместе с запиской, адресованной руководству компании, в которой говорилось, что он недавно нашел лучший метод и свяжется с ними, как только его усовершенствует.

К тому времени Гудиер находился уже на грани одержимости своей идеей. Он проявлял энергию и целеустремленность фанатика, считая себя ответственным за совершенствование резины и предложения сфер ее применения человечеству. Он стал объектом презрения соседей, которые считали его «беспомощным ленивым человеком, помешанным на резине», их стал раздражать запах плавящегося каучука, который всегда распространялся вокруг его дома. Все жалели его жену и детей. Семья была настолько бедной, что когда умер один из его сыновей, Гудиер, не имея денег на похороны, на своих руках отнес тело мальчика на кладбище и сам выкопал ему могилу.

### *Человек одержимый*

Гудиер назвал свой процесс нагрева вулканизацией в честь Вулкана – древнеримского бога огня. Он экспериментировал с различными соотношениями каучука и серы при разных температурах и времени, стремясь достичь оптимальных условий для производства резины, которая бы легко формовалась и отверждалась в прочный и эластичный материал. Погруженный в свои исследования, он в течение четырех лет так и не смог запатентовать свой процесс, чем совершил непростительную оплошность.

В 1841 г. в Спрингфилде, штат Массачусетс, Гудиер произвел несколько ярдов листовой резины в нагретом чугунном корыте, что стало первым успешным применением процесса вулканизации. К 1850 г. несколько компаний получили лицензии на применение процесса вулканизации Гудиера, и к 1856 г. Соединенные Штаты импортировали более 2 млн фунтов каучука из Бразилии и 340000 фунтов с индонезийского острова Ява. Вместе со своими братьями и шурином Гудиер открыл небольшую фабрику по производству резиновой обуви и другой продукции. Хотя, пожалуй, фабрика, это слишком громко сказано – производственные помещения представляли собой две бытовки, соединенные проходом в боковых стенах. Вскоре Чарльз потерял к ней интерес и вернулся к своим опытам, создавая целые перечни различных применений резины и экспериментируя с ними.

Истовость Гудиера или его фанатизм изучались еще при его жизни, когда он занимался своими опытами. В номере американского френологического журнала за 1856 г. был опубликован анализ размера и формы черепа Гудиера, чтобы объяснить его поведение: «Темперамент г-на Гудиера представляет собой сочетание ментального и витального или относится к нервно-сангвиническому типу. Теплота, истовость, живость и неутомная энергия представляются его основными характеристиками. Читатель заметит небольшую выпуклость в верхней части органа Конструктивности в том месте, где он соединяется у виска с Воображением, что указывает на склонность к изобретательству, экспериментам и открытиям... Надежда, Настойчивость и Неукротимость также занимают большое место в его голове».

Что забыли упомянуть френологи в своем «описании черепа Гудиера»? Безусловно, это отсутствие практичности и деловой хватки, что и подтверждает история его настрадавшейся семьи. Явно не заботясь об экономическом потенциале продукции из резины, Гудиер не предпринимал никаких усилий для получения патента на вулканизацию до 1844 г. И хотя патент был ему выдан 15 июня того же года, эта задержка и последующее предоставление лицензий на разработанный им процесс дорого ему стоили. За две недели до того, как Гудиер получил американский патент, в Англии Томасу Хэнкоку был выдан патент на идентичный процесс, что не позволило Гудиеру получить права в Великобритании. Впоследствии Хэнкок признал, что не занимался этим процессом до тех пор, пока не увидел образец вулканизированной резины, присланный в Англию через агента, однако патент не был отменен.

Далее последовали еще более неприятные события. В тот день, когда Гудиер получил патент Соединенных Штатов, человеку по имени Хорас Дэй было отказано в заявке на такое же изобретение. В результате Дэй стал заклятым врагом Гудиера.

Вражда между Дэйем и Гудиером продлилась много лет. Дэй согласился купить права на патент у Гудиера, но впоследствии отказался платить изобретателю и начал выпускать продукцию без лицензии. Это противостояние достигло кульминации во время Великого судебного процесса против компании «*India Rubber*», состоявшегося в 1852 г. Гудиера представлял знаменитый Даниэль Вебстер, в то время занимавший должность госсекретаря США. Гудиер выиграл процесс, но гонорар Вебстера составлял 25000 долларов, что было больше, чем Гудиер в целом заработал за изобретение вулканизации. Это была сумма, которую он не мог заплатить.

Усилия Чарльза Гудиера не принесли ему большого состояния, но прославили его. В 1851 г. он был приглашен на I Международную выставку промышленной продукции всех стран, которая проводилась в Гайд-Парке в Лондоне. Здесь, в Хрустальном дворце, он представил «Вулканизированный дворик», экспозицию стоимостью 30000 долларов, целиком выполненную из резины. Он показал резиновую мебель, резиновую одежду, резиновые глобусы и предметы искусства, резиновые перчатки и пуговицы, резиновые зонтики, трости и даже резиновые оправы для очков и резиновые кольца со вставками из драгоценных камней. Экспозиция получила хорошие отзывы, и Гудиера пригласили на еще более крупную выставку во Францию, за участие в которой он был награжден французским орденом «Крест почетного легиона». Вторая жена Гудиера, Фанни, принесла ему орден в тюрьму, где он сидел за долги, которые не оплатил его инвестор.

1 июля 1860 г. Гудиер умер в нищете, задолжав более 200000 долларов. Его никогда не интересовала потенциальная прибыль, которую могло принести его изобретение, и он считал борьбу за патенты и деньги отвратительными. В своей книге «Каучук» Гудиер писал: «Оскорбительным для чувств является то, что усовершенствования в науке и искусстве, в особенности те, что носят филантропический характер, должны зарабатывать деньги и подвергаться судебным разбирательствам из-за необходимости получения патента».

Несмотря на то, что Гудиер умер нищим, его усилиям отдавали должное даже в тюрьме. В заключении к своей речи во время процесса о патенте 1852 г. Даниэль Вебстер предрекал, что Гудиер «войдет в историю

технических достижений нашей страны в числе великих изобретателей, во главе которых стоит Роберт Фултон и в этой плеяде займет свое заслуженное место скромный Чарльз Гудиер».



### **ПЬЕР-ЭМИЛЬ МАРТЕН**

Пьер-Эмиль Мартен (франц. *Pierre-Émile Martin*) (родился 17 августа 1824 г. (Бурже, Франция) – скончался 21 мая 1915 г.) – французский металлург. По окончании горной школы работал на металлургическом заводе своего отца в городе Фуршамбо, в 1854–1883 гг. был директором металлургического завода в Сирёй (близ города Ангулем). В 1864 г. предложил новый способ получения литой стали в регенеративных пламенных печах. Используя разработанный незадолго до этого немецким инженером Ф. Сименсом принцип регенерации тепла продуктов горения, Мартен применил его для подогрева не только воздуха, но и газа. Благодаря этому удалось получить температуру, достаточную для выплавки стали. Мартеновский способ стал широко применяться в металлургии в последней четверти XIX в.

Началом существования мартеновского процесса можно считать 8 апреля 1864 г., когда П. Мартен на одном из заводов Франции выпустил первую плавку.

В «мартеновскую печь» загружают шихту (чугун, скрап, металлический лом и др.), которая под действием тепла от факела сжигаемого топлива постепенно плавится. После расплавления в ванну вводят различные добавки для получения металла заданного состава и температуры; затем готовый металл выпускают в ковши и разливают.

Благодаря своим качествам и невысокой стоимости «мартеповская сталь» нашла широкое применение. Уже в начале XX в. в «мартеповских печах» выплавляли половину общего мирового производства стали.



### **ЮХАН А́ВГУСТ БРИНЕ́ЛЛЬ**

Юхан Август Бринелль (швед. *Johan August Brinell*) (родился 21 июня 1849 г. (Брингетофт) – скончался 17 ноября 1925 г. (Стокгольм, Швеция)) – шведский инженер, металлург, автор работ по металлургии стали и определению твердости металлов и сплавов.

Родители Бринелля были фермерами. После пяти лет обучения в гимназии в Йенчепинге он продолжил образование в технической школе города Бурос, которую окончил в 1871 г. После работы чертежником на различных предприятиях в 1875 г. Бринелль стал инженером на металлургическом заводе в Лешефорсе, лен Вермланд, а в 1882 г. – главным инженером на заводе в Фагерсте, лен Вестманланд. В 1903–1914 гг. был главным инженером Шведского союза металлургической промышленности и редактором журнала «Йернконтуретс анналер» (швед. «*Jernkontorets Annaler*»). Бринелль был избран членом Шведской королевской академии наук в 1902 г. и Шведской королевской академии инженерных наук в 1919 г. (В 1935 г. Шведская королевская академия инженерных наук учредила медаль им. Бринелля).

### *Вклад в науку и технику*

Сегодня Бринелль больше известен благодаря разработке статического метода определения твердости, который широко применяется в промышленности. По методу Бринелля, предложенному в 1900 г., в материал под определенной нагрузкой (обычно 30 кН) вдавливаются твердый металлический шарик (обычно диаметром 10 мм). Отношение приложенной нагрузки к площади шаровой поверхности отпечатка дает число твердости по Бринеллю (НВ).

Однако наиболее важными остаются новаторские работы Бринелля, касающиеся фазовых превращений в стали. Работая в Фагерсте, Бринелль провел обширные исследования структуры стали в процессе нагревания и охлаждения. Работа «Об изменении структуры сталей при нагревании и охлаждении» (швед. *Om ståls texturförändringar under uppvärmning och avkylning*) была опубликована в ежегоднике «*Jernkontorets Annaler*» в 1885 г. и привлекла к себе большое внимание.

Результаты его исследований о свойствах сталей были представлены на Стокгольмской выставке в 1897 г. и Всемирной выставке в Париже в 1900 г.

Обладая очень примитивным оборудованием, полагаясь больше на свои глаза и опыт, Бринелль много лет продолжал свои исследования и достиг результатов, которые «сильно повлияли на мировую промышленность». Его открытия в области управления углеродсодержащими фазами до сих пор формируют основу современных знаний о свойствах стали.

Немногие металлурги сделали так много для прогресса металлургии, как Бринелль, и он по праву заслуживает свою международную репутацию как в высшей степени компетентный исследователь и успешный менеджер металлургической промышленности.

Именем Бринелля назван ряд улиц и учебных заведений в городах Швеции; два научных центра Королевского технологического института Швеции и проходящие там ежегодные семинары «*Brinelldagarna*».



### АЛЬФРЕД АЙНХОРН

Альфред Айнхорн (нем. *Alfred Einhorn*) (родился 27 февраля 1856 г. (Гамбург, Германия) – скончался в 1917 г.) – сын зажиточного бизнесмена. После ранней смерти родителей жил у родственников в Лейпциге. Там он получил начальное образование. В университете изучал химию и после достижения степени доктора наук по химии в университете Тюбингена (1880 г.) работал у знаменитого Адольфа фон Байера в Мюнхене до 1885 г., когда его назначили преподавателем по химии (приват-доцентом) в политехникуме Дармштадта и немного позже – в сходном учреждении в городе Ахен. Несмотря на то, что его представили к званию Королевского прусского профессора, продвижения по службе не было. Как пишет в своей автобиографии его ученик, коллега, а затем и руководитель, Нобелевский лауреат (1915 г.) Рихард Мартин Вильштэттер: «Айнхорн покинул Ахен в 1891 г., вернулся в лабораторию фон Байера и остался там до конца жизни». Здесь он начал исследовать отношения химической структуры и физиологического эффекта, что в последующем привело к синтезу новокаина. К этому времени, более чем за 25 лет, он произвел больше 100 химических составов, некоторые из них были включены в фармакопею. После завершения синтеза новокаина Айнхорн работал над другими проблемами органической химии, которая в начале XX столетия бурно развивалась. Кроме новокаина и анестезина он обнаружил несколько болеутоляющих средств, в том числе и хлороформ; впервые выделил  $\beta$ -lactones; получил производные салициловой кислоты, барбитуровой кислоты и кокаина.

Большое количество учеников и сотрудников самоотверженно поддерживались им в их работе. Другим он показывал путь к новым идеям. Таким образом, например, Рихард Вильштэттер начал свое фундаментальное исследование кокаина в лаборатории Айнхорна, исследование, которое привело к формулировке структуры кокаина и его синтезу в 1897 г. Айнхорн сам некоторое время исследовал кокаин, но по известным причинам переключился на поиск синтетического заменителя кокаина, свободного от всех неблагоприятных побочных эффектов этого лекарственного средства. Поэтому открытие новокаина не было случайным. Это был результат интенсивного систематического поиска.

Исследования проводились в очень маленьком помещении химического института Мюнхенского университета у фон Байера. Даже когда прежний сотрудник Айнхорна Рихард Вильштэттер стал ректором института как преемник Байера, Айнхорн продолжал длительно занимать эту более чем скромную лабораторию. Он не имел никаких должностей в университете, служил науке, помогал молодым ученым, содействуя им и поддерживая их исследования. Это было основным принципом его жизни. Подобно алхимикам, он стремился найти некий «философский камень». Но в отличие от их нереальных мечтаний Айнхорн нашел то, что искал.

Впервые в 1898 г. Альфред Айнхорн описал реакции получения поликарбоната. В то время он работал в Мюнхенском университете у знаменитого Адольфа фон Байера и занимался поиском эффективного обезболивающего средства. Экспериментируя с эфирами, он провел реакции фосгена с тремя изомерными диоксибензолами и в осадке получил полиэфир угольной кислоты – прозрачное вещество, термостойкое и нерастворимое.

Новое соединение не представлялось в то время перспективным, скорее оно рассматривалось как примесь, загрязнение, от которого следует избавиться. В последующие годы разные ученые получали поликарбонаты независимо друг от друга как побочные продукты реакций, но целенаправленно искать способы их синтеза начали много позже, уже после того, когда распознали уникальные свойства термопластов.

Однако в его жизни были не только удачи. В молодости, когда он начинал карьеру преподавателя университета, его «не заметили». Разочарование было так велико, что он оставил академическую карьеру, никогда больше не желая получить должность. Он даже пытался



отговорить своего сотрудника Вильштэттера от его намерения стать университетским профессором. Профессиональная работа Айнхорна, научно насыщенная и практически успешная, становилась менее эффективной, потому что ему приходилось работать в тени двух самых великих химиков того времени. Его многообещающий сын, единственный наследник очень счастливого брака, умер в 1913 г. в возрасте 17 лет. После этого ужасного удара Айнхорн углубился в исследовательскую работу, еще больше отдавая себя обучению и содействию молодым ученым, которые работали с ним. Когда его стали беспокоить тяжелые брюшные недомогания, он не прерывал свою работу до тех пор, пока серьезное ухудшение состояния не вынудило его лечь на операционный стол. Операция на кишечнике не спасла ему жизнь. А. Айнхорн умер 24 марта 1917 г. в возрасте 61 года. Его ученик Эмиль Ульфельдер, с которым он работал по синтезу прокаина, в некрологе написал: «Альфред Айнхорн жил только для науки; он всегда был добрым и преданным преподавателем, советчиком своих учеников и сотрудников. Подобно своему другу Паулю Эрлиху Альфред Айнхорн открыл новые пути в химиотерапии». Через 40 лет Вольфганг Шнайдер в статье к 100-летию со дня рождения Айнхорна суммировал оценку важности этого ученого для химии такими словами: «Уверен, что место Альфреда Айнхорна определен среди выдающихся людей химической науки, которые работали вокруг него половину столетия назад».

Сегодня эталоном местной анестезии в стоматологии является ультракаин. Новокаин отходит на задний план. Тем не менее, мы не должны забывать об Альфреде Айнхорне, скромном и целеустремленном ученом, который подарил человечеству первый всемирно признанный синтезированный местный анестетик под названием «новокаин», спасший миллионы людей от боли. Мы должны быть благодарны ему за исследование, открывшее дверь к современному обезболиванию.



**ХЬЮ М. РОКВЕЛЛ**



**СТЭНЛИ П. РОКВЕЛЛ**

Твердомер Роквелла – машина для определения относительной глубины проникновения – был изобретен уроженцами штата Коннектикут Хью М. Роквеллом (англ. *Hugh M. Rockwell*) (родился в 1890 г. – скончался в 1957 г.) и Стэнли П. Роквеллом (англ. *Stanley P. Rockwell*) (родился в 1886 г. – скончался в 1940 г.) *Впервые измерение твердости по относительной глубине проникновения индентора было предложено еще в 1908 г. венским профессором Людвигом Больцманом в книге «Die Kegelprobe» дословно «испытание конусом».* Метод определения относительной глубины исключал ошибки, связанные с механическими несовершенствами системы, такими как люфты и поверхностные дефекты. Потребность в этой машине была вызвана необходимостью быстрого определения эффектов термообработки на обоймах стальных подшипников. Метод Бринелля, изобретенный в 1900 г. в Швеции, был медленным, не применимым для закаленных сталей, и оставлял слишком большой отпечаток, чтобы рассматриваться как неразрушающий.

Патентную заявку на новое устройство Хью и Стэнли Роквеллы (не прямые родственники) подали 15.07.1914 г., и после ее рассмотрения был выдан патент № 1294171 от 11.02.1919 г. Во время изобретения они работали в компании «*New Departure Manufacturing*» (Бристоль, штат Коннектикут). «*New Departure*», являвшаяся крупным производителем шарикоподшипников, в 1916 г. стала частью «*United Motors*», а вскоре корпорации «*General Motors*».

После ухода из компании в Коннектикуте Стэнли Роквелл переехал в город Сиракьюс (штат Нью-Йорк) и 11.09.1919 г. подал заявку на усовершенствование первоначального изобретения, которая была утверждена 18.11.1924 г. Новый прибор имел патент № 1516207. В 1921 г. Роквелл переехал в Уэст-Хартфорд (*West Hartford*), штат Коннектикут, где сделал дополнительные усовершенствования.

В 1920 г. Стэнли сотрудничал с производителем инструментов Чарльзом Вильсоном (*Charles H. Wilson*) из компании «*Wilson-Maueelen*» с целью коммерциализации изобретения и разработки стандартизированных испытательных машин.

К 1923 г. Стэнли основал фирму по термообработке «*Stanley P. Rockwell Company*», которая все еще существует в Хартфорде, штат Коннектикут. Через несколько лет она, переименованная в «*Wilson Mechanical Instrument Company*», сменила владельца. В 1993 г. компанию приобрела корпорация «*Instron*».



### **АЛЬФРЕД ВИЛЬМ**

Альфред Вильм (нем. *Alfred Wilm*) (родился в 1869 г. – скончался в 1937 г.) – немецкий ученый, химик.

В 1808 г. английским ученым Дэви впервые было высказано предположение о существовании алюминия. Именно он дал это название новому металлу. Однако лишь в 1825 г. датскому ученому Эрстеду и в 1827 г. немецкому химику Велеру удалось выделить первые крупинки алюминия в чистом виде.

Авторы современного способа получения чистого алюминия – американец Чарльз Холл и француз Поль Эру. Разработав независимо один от другого способ получения алюминия электролизом расплавленных солей – расплав криолита с растворенным в нем оксидом алюминия  $Al_2O_3$ , они одновременно в 1886 г. получили патент.

До конца XIX столетия алюминий был дорогим металлом, лишь немного дешевле золота. Датой начала промышленного выпуска следует считать 1890 г. С 1854 по 1890 гг. произведено всего 200 т алюминия, с 1890 по 1899 гг. – 28000 т, в 1930 г. – 270000 т, за 1968 г. – 8386200 т. В 60-е годы XX столетия годовой прирост мирового производства алюминия составлял около 15 %, а в последние годы он не превышает 5 %.

В начале XX в. алюминий применяли только в чистом виде. В машиностроении его не употребляли, так как он был дорог и малопрочен.

История алюминиевых сплавов начинается с открытия в 1906 г. немецким ученым, химиком Альфредом Вильмом *первого термически упрочняемого сплава*. Предложенный им сплав *дюралюмин* содержал 4 % Cu; 0,5 % Mg и 0,5 % Mn. Сплавы типа дюралюмин, такие как Д1 и Д16, широко распространены в современной промышленности. Эти сплавы, наряду с высокой прочностью 400–500 МПа, имеют небольшую плотность. Хотя по прочности алюминиевые сплавы и уступают сталям, но по удельной прочности значительно превосходят их. Это обеспечило широкое применение алюминиевых сплавов в авиации и ракетной технике.

### ***История появления дюралюминия***

В начале XX в. Альфред Вильм возглавил сектор металлургии в исследовательском институте, расположенном в пригородах Берлина. Он экспериментировал, пытаясь найти высокопрочный сплав алюминия, и в сентябре 1906 г. испытывал очередной сплав, в который, помимо алюминия, входило 4 % меди и по 0,5 % марганца и магния. Никаких особенных оснований рассчитывать на успех не было. Прочность сплавов оценивали по измерениям твердости.

Сплав получился, как показалось ученому, недостаточно прочным, поэтому он решил его «закалить». Полученные образцы были нагреты до 600 °С, после чего Вильм опустил их в холодную воду. Результат опыта ученого удивил – прибор, измеряющий прочность металла, показывал абсолютно разные значения на разных образцах. Решив, что в таком разном виноват прибор, Вильм потратил несколько дней на его «починку» и настройку.

Наконец, Вильм вернулся к своим опытам. В планах ученого было повторить эксперимент, но сначала он решил еще раз проверить точность прибора на старых образцах. Увидев показатели первого слитка, Вильм чуть не выронил злополучный измеритель из рук – прочность металла увеличилась почти в два раза. Те же результаты показали и остальные образцы.

Альфред Вильм возобновил опыты, но уже с учетом возникшего «феномена». Вскоре ему удалось определить эффект естественного старения алюминиевого сплава и оптимальный его состав. Разумеется, ученый сразу понял, «чего может стоить его разработка» – он запатентовал ее, а затем продал патент одной литейной компании, которая находилась в городе Дюрэн. Имя этой фирмы сейчас мало кто вспомнит, а вот название ее самого известного продукта – дюралюминия (или дюралья) – на устах у всех уже больше 100 лет.

Дюрэнский сплав заинтересовал знаменитого немецкого конструктора Хьюго Юнкерса, ему нужен был легкий, но прочный металл для создания новых моделей самолетов: деревянные аэропланы братьев Райт его уже не впечатляли. В 1910 г. в цехах завода Юнкерса было сконструировано и запатентовано первое цельнометаллическое самолетное крыло из алюминия. А уже в 1919 г. в воздух поднялись первые дюралевые самолеты. Эпоха крылатого металла была открыта.

Первое применение дюралюминия – изготовление каркаса дирижаблей жесткой конструкции, с 1911 г. – более широкое применение. Состав сплава и термообработка в годы войны были засекречены. Благодаря высокой удельной прочности дюралюминий, начиная с 1920-х годов, становится важнейшим конструкционным материалом в самолетостроении.

### **Контрольные вопросы**

1. Каков вклад М.В. Ломоносова в развитие науки о стекле?
2. Какие открытия М.В. Ломоносова послужили развитию материаловедения?
3. Вспомните, какое влияние оказали труды М.В. Ломоносова на ученых эпохи Нового времени?
4. Оказали ли влияние труды П.П. Аносова на ученых своего времени?
5. Какие открытия П.П. Аносова послужили развитию материаловедения?
6. Какие открытия Альфреда Вильма послужили развитию материаловедения?
7. Назовите виды материалов, которые исследовал М.В. Ломоносов.
8. Расскажите об истории эволюции создания и применения бетона.
9. Какова роль Ч. Гудиера в создании изделий из резины?

10. Что Вам известно о творческом пути Ч. Гудиера?
11. Расскажите о творческом пути П.П. Аносова.
12. Каково значение открытия, сделанного Х.М. Роквеллом и С.П. Роквеллом?
13. Расскажите об истории открытия булата П.П. Аносовым.
14. Какова история происхождения булатной стали?

## **ГЛАВА 5. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ В ЭПОХУ НОВЕЙШЕГО ВРЕМЕНИ (XX–XXI ВЕКА). ВКЛАД ОТДЕЛЬНЫХ ЛИЧНОСТЕЙ В РАЗВИТИЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ЭТОГО ПЕРИОДА**

И вот уже ближе к нашему времени (вторая треть XX в.) можно говорить о развитии *третьей синтетической стадии* познания – попытке воссоздания целостной картины Мироздания на основе ранее познанных, на второй стадии познанных частностей. Именно в этот период особое значение приобрели проблемы взаимодействия и субординации естественных наук при попытке создания единого взгляда на организацию Мироздания, так как нужно было объективно оценить вклад каждой из них в общую картину Вселенной и использовать наиболее важные результаты на практике. Ведь именно в этот период возникли вопросы научной этики, проблемы возможного сведения одной науки к другой (редукционизм), углубления классификационных проблем и выработки объективных критериев в разделении естественных наук и т.д. И это понятно, так как число специальных дисциплин достигло 17000. А это уже явно перебор. Вспомним хотя бы критическую «классификацию» наук нобелевского лауреата в области физики Л. Ландау, который предложил делить науки «на естественные, неестественные и противоестественные». Причем особую активность в этот период проявили физики, неудачно пытаясь свести к физике как химию, так и биологию. А в качестве одного из примеров, подтверждающих данный научный «шовинизм» или неразумный редукционизм, можно привести слова известного физика Р. Фейнмана: «Фундаментальная теоретическая химия – это на самом деле физика?!!!» В результате даже многие известные химики потеряли понимание индивидуальности химических и физических веществ, которые имеют различия в своей природе, и того, что химический и физический смыслы соответствующего явления различны по сути. Например, академик РАН Ю.Д. Третьяков часто повторяет, что «химия и физика неразделимы как сиамские близнецы». А ведь совершенно очевидно, что материальный объект у физики и химии различен (атом и молекула). Мы уже не говорим о том, что образ сиамских близнецов – это все-таки образ уродства и неестественности в Природе. Поэтому можно согласиться с мнением профессора Г. Герца: «Химию съела физика, и неволью положил начало

этому Д.И. Менделеев...», но эта проблема уже решается, и сегодня заложены основы теории единой химии, с выделением фундаментальных черт и отличий этой науки от физики (см. монографию О.С. Сироткина «Интегрально-дифференциальные основы унитарной концепции естествознания», Казань, КГЭУ, 2011, 268 с.)

Этот период к началу XXI в. посеял еще большую путаницу в сознании людей и во взглядах ученых на строение вещества, Материи и Мироздания в целом, требуя дальнейших усилий по систематизации накопленных знаний и предложений по совершенствованию концепции естествознания. Ведь рухнули многие традиционные парадигмы: оказывается, что не все вещества состоят из атомов! Стало необходимым различать химические (молекулярные и немолекулярные), физические (атомы, элементарные частицы), биологические, геологические и другие вещества друг от друга. Причем каждый из этих типов веществ индивидуален, т.е. характеризуется качественными (фундаментальными) отличиями друг от друга в структуре и свойствах. А поэтому, например, Периодическая система атомов Д.И. Менделеева, по сути, является физической, а не химической (!).

Особые надежды в этот период связываются с возникновением в 1977–1978 гг. новой междисциплинарной науки – *синергетики*, или теории самоорганизации (Г. Хакен и др.), разрабатывающей общие принципы, которые управляют возникновением самоорганизующихся структур. Эволюция живой материи как процесс самоорганизации продемонстрирована Ч. Дарвином в его фундаментальном труде «Происхождение видов». Синергетика изучает системы как совокупность подсистем различной природы, взаимодействующих между собой, образуя системы макроскопических масштабов. Это направление изучает связи между элементами структуры (подсистемами), которые образуются в открытых системах (химических, физических, биологических и т.д.), благодаря обмену веществами и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях (неравновесная термодинамика И. Пригожина). В результате возрастает степень их упорядоченности, т.е. уменьшается энтропия как мера упорядоченности-самоорганизации. Однако до сих пор ясную и единую концепцию естествознания, удовлетворяющую всем основным естественным наукам и научному сообществу в целом, создать не получается.

Выход из этой ситуации, по мнению О.С. Сироткина, наиболее естественен через объединение (интеграцию) в единое целое двойственных взглядов на строение материи (поле и вещество, непрерывность и дискретность и т.д.), а также достижения отдельных естественных наук



(дифференциальная компонента). Это возможно, по мнению О.С. Сироткина, в рамках разработки современной универсальной системы Мироздания, опирающейся на картину Вселенной не только на уровне мегамира (гелиоцентрическая модель), а дополненную и моделями строения веществ макро- и микромиров. Фундаментальной основой современной системы, объединяющей материальные объекты Мироздания разных уровней структурной организации, является единство их материальной природы (характеризуемой, прежде всего, конкретным интервалом массы и энергии для конкретного вида объекта через соответствующие интегральные законы). Но при этом необходимо обязательно учитывать и индивидуальность каждого материального объекта (дифференциальная компонента). Так на уровне оценки фундаментальных проблем таких отличных по структуре и свойствам материальных объектов (веществ), как элементарная частица, атом, химическое соединение (включая молекулу), клетку и т.д., не пытаться их сводить друг к другу, как веществам, не имеющим специфические отличия. Это различные по элементному (в широком смысле слова) составу, структуре и свойствам вещества, хотя и имеющие единую природу на макроуровне – они все материальны и характеризуются массой и энергией. Но при этом именно разница в специфике материальной природы элементов их составляющих и типа взаимодействия между собой, а также величина массы и энергии или соотношение их вклада в характеристику этих объектов приводят к разнице в их структуре и свойствах. Вплоть до существования их в виде двух предельных по разнице в структуре и свойствах основных материальных форм – поля и вещества.

Поэтому объективная необходимость совмещения идей второй и третьей стадий развития естествознания и привела к наступлению четвертой стадии. Совпало это или нет, но именно противоречие идей таких выдающихся ученых этих стадий развития знания, как И. Ньютон и А. Эйнштейн, и символизировало необходимость эволюции естествознания в четвертую стадию современного ее развития. Поэтому в начале XXI в. имеет смысл говорить о наступлении *четвертой интегрально-дифференциальной стадии* познания Мироздания на базе результатов новой научной революции: *мир и все разновидности объектов и явлений в нем существующих имеют единую или унитарную материальную природу, но при этом структура системы Мироздания характеризуется многоуровневой структурной организацией*. А это позволяет рассматривать Мироздание как единую и одновременно многоуровневую материальную систему (Систему Мироздания как совокупность систем разных уровней материи по О.С Сироткину),

с четким пониманием конкретного вклада отдельных естественных наук (физики, химии, биологии и геологии, астрономии и т.д.) в единую картину Вселенной. А этот вклад определяется в зависимости от уровня вещественной организации материи, формирующего соответствующий объект исследования той или иной науки (элементарное или атомное вещество, химическое вещество, биологическое или геологическое вещество, планеты и звезды и т.д.). Естественность появления данной четвертой стадии в развитии естествознания опирается и на эволюцию взглядов на строение веществ, материалов и материи в целом, которая сформировалась на рубеже XX–XXI вв. Рассмотрим достижения материаловедения в этот исторический период.



### **ДМИТРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ЧЕРНОВ**

Дмитрий Константинович Чернов (родился 20 октября 1839 г. (Петербург, Российская империя) – скончался 2 января 1921 г. (Ялта)) – русский ученый в области металлургии, металловедения, термической обработки металлов. Родился в семье фельдшера. В 1858 г. окончил Петербургский практический технологический институт, затем работал в механическом отделении Петербургского монетного двора. В 1859–1866 гг. – преподаватель, помощник библиотекаря и хранитель музея Петербургского практического технологического института, с 1866 г. – инженер молотового цеха Обуховского сталелитейного завода в Петербурге. В 1880–1884 гг. занимался разведкой месторождений каменной соли в Бахмутском районе (Донбасс); найденные им залежи получили промышленное значение. С 1884 г. (по возвращении

в Петербург) работал в Морском техническом комитете; с 1886 г. – (одновременно) главный инспектор Министерства путей сообщения по наблюдению за исполнением заказов на металлургических заводах; с 1889 г. – профессор металлургии Михайловской артиллерийской академии.

### *Артиллерийское дело*

Почти два десятилетия (с 1866 по 1885 гг.) Д.К. Чернов посвятил в основном усовершенствованию металлургических процессов производства артиллерийских орудий и снарядов и достиг в этом отношении значительных успехов, получивших мировое признание.

К началу профессорской деятельности Д.К. Чернова в Артиллерийской академии относится также разработка им важнейшего для службы орудий вопроса об износе стволов. С первого же года своего пребывания в академии он на основании личных наблюдений и опытов приступил к тщательной разработке вопроса о причинах выгорания каналов в стальных орудиях и указал главнейшие пути успешной борьбы с этим явлением.

Детально анализируя явления, происходящие в канале орудия при выстреле, Д.К. Чернов создал свою теорию, которая хорошо объясняет происхождение процесса разгара, указывает его признаки и возможные средства противодействия этому разрушительному процессу и точно согласуется с картиной выгорания каналов в стальных орудиях, встречающейся в действительности. Эту теорию Д.К. Чернов излагал постоянно своим ученикам в лекциях по курсу сталелитейного дела, но лишь в 1912 г. выступил публично в Русском металлургическом обществе с докладом «О выгорании каналов в стальных орудиях».

Почти сразу после появления в печати эта работа Д.К. Чернова была переведена на многие европейские языки и принесла автору широкую известность в артиллерийских кругах всего мира.

### *Д.К. Чернов и советская металлургия*

В период расцвета своих творческих сил Чернов нашел им применение в металлургии. Вдохновителями его были горный инженер П.П. Аносов, передовой русский металлург-практик первой половины XIX в., и великий русский ученый-энциклопедист XVIII в., творец

«Первых оснований металлургии или рудных дел» М.В. Ломоносов. Д.К. Чернов, умело сочетая теорию с практикой, не только создал науку о металлах в полном смысле этого слова, но смело и уверенно вывел металлургию на тот путь технического прогресса и научного совершенствования, с которого она, говоря его же словами, «при дальнейшем движении вперед никогда не сойдет».

На долю Д.К. Чернова выпало редкое для его эпохи счастье заслужить при жизни всеобщее признание и приобрести мировую славу.

Виднейшие деятели советской науки и техники А.А. Байков, Н.С. Курнаков и безвременно скончавшийся Н.И. Беляев еще в начале XX столетия в своих научных исследованиях успешно продолжали дело, начатое «отцом металлографии железа и стали», развивая дальше учение о закалке, термический анализ и наиболее существенные вопросы первичной кристаллизации металла в слитках.

Значение работ ряда ученых и инженеров зарубежных стран свелось в основном к разработке и усовершенствованию методики металлографического анализа сплавов, к конструированию необходимой для этого специальной аппаратуры, к накоплению экспериментального материала и углублению теоретической базы путем привлечения учения о равновесии физико-химических систем и правила фаз применительно к задачам металлографии, основоположником которой был Д.К. Чернов.

Д.К. Чернов впервые установил положение о прерывистом ходе первичной кристаллизации стали в слитках, приводящем к образованию так называемых разрывных кристаллов. В конечном счете Н.Т. Гулцов, исходя из этого, выдвинул широко развиваемое современными отечественными металловедами представление о прерывистом, периодическом, волнообразном процессе кристаллизации.

В области термической обработки стали величайшая заслуга Д.К. Чернова состоит не только в открытии им критических точек, знание которых позволяет правильно установить температуру отжига, закалки и отпуска, но также и в том, что он впервые разработал и успешно осуществил метод закалки в горячих средах, известный в настоящее время под названием изотермической и ступенчатой обработки. Последний метод, достигший благодаря трудам советского металловеда С.С. Штейнберга, его сотрудников и учеников высокой степени совершенства, получает с каждым годом все более широкое применение в производственных условиях, позволяя сводить к минимуму закалочные напряжения.

Как известно, Д.К. Чернов обнаружил такие явления, как «линии Чернова», видимые на полированной поверхности при холодном деформировании металла, и «сетки Чернова», представляющие сеть мельчайших трещинок на поверхности металла после многократных, быстро протекающих нагревов и охлаждений. Это привело советских исследователей к созданию наиболее совершенных методов изучения распределения внутренних напряжений в металлах, к установлению понятия термической усталости и разработке способов предотвращения данного дефекта во многих случаях практики.

Наконец, мысль Д.К. Чернова о возможности выплавки железа и стали непосредственно из руды, минуя получение промежуточного продукта – чугуна, сейчас получает реальное воплощение в успешных опытах металлургов-сталеплавильщиков (доменный процесс).

Подобно другим корифеям русской науки, Д.К. Чернов был всегда увлечен своим делом до самозабвения и горячо любил свою родину, о чем свидетельствует каждая страница его научного наследства. Основные идеи Д.К. Чернова не только не устарели, но органически влились в работы советских ученых, освещая путь к новым открытиям.

Труды Дмитрия Константиновича Чернова – основателя металлографии и одного из пионеров научной металлургии – занимают почетное место в сокровищнице мировой науки и по сей день.



### **НИКОЛАЙ СЕМЕНОВИЧ КУРНАКОВ**

Николай Семенович Курнаков (родился 6 декабря 1860 г. (Нолинск, Вятская губерния, Российская империя) – скончался 19 марта 1941 г.) первоначальное воспитание получил дома, а затем в Нижегородской

военной гимназии, курс которой окончил в 1877 г. Еще когда Н.С. Курнаков был гимназистом, он устроил домашнюю химическую лабораторию, где самостоятельно проводил опыты по химии.

В 1877 г. Н.С. Курнаков поступил в Петербургский горный институт, который окончил в 1882 г. Будучи студентом института, он провел наблюдения над кристаллизацией квасцов и соли Шлиппе, которые дали материал для первых сообщений Н.С. Курнакова в Минералогическом обществе в 1880 г.

По окончании курса по заводскому отделению со званием горного инженера Н.С. Курнаков был оставлен при институте для занятий в химической лаборатории, а в 1882 г. был командирован на алтайские заводы для исследования операций по выплавке меди, свинца и серебра. На следующий год он выехал за границу с целью изучения соляного дела, металлургии и пробирного искусства. Здесь Н.С. Курнаков работал в лабораториях и слушал курсы в Фрейбергской академии; лето 1884 г. он посвятил подробному исследованию солеваренных заводов. Результатом заграничной командировки явилась диссертация Н.С. Курнакова «Испарительные системы соляных варниц», представленная им в 1895 г. для получения звания адъюнкта по кафедре металлургии, галлургии (соляного дела) и пробирного искусства.

### ***Научно-педагогическая деятельность***

С 1885 по 1893 гг., будучи адъюнктом, Н.С. Курнаков руководил практическими занятиями студентов по горнозаводскому техническому анализу, пробирному искусству и читал лекции по соляному делу, технологии топлива и горючих материалов, а также по общей металлургии. После защиты диссертации «О сложных металлических основаниях» в 1893 г. последовало назначение Н.С. Курнакова профессором кафедры неорганической химии. Через 6 лет он стал заведующим кафедрой аналитической химии и химической лабораторией Горного института. С этого момента начинается особенно кипучая научно-педагогическая деятельность Н.С. Курнакова. По его предложению пробирная лаборатория Горного института была переведена в новое, специально приспособленное помещение и значительно расширилась. В 1899 г. он организовал преподавание физической химии в Электротехническом институте. При учреждении Петербургского политехнического института Н.С. Курнаков вместе с профессорами Д.И. Менделеевым, Н.А. Меншуткиным и П.И. Вальденом участвовал в разработке вопросов, связанных с устройством в нем лаборатории и преподаванием химии.

В 1902 г. он был приглашен на кафедру общей химии, которой руководил до 1930 г. Химическая лаборатория Политехнического института как по своим размерам, так и по своему оборудованию была одной из самых значительных лабораторий в России.

Научная деятельность Н.С. Курнакова была тесно связана с его педагогической работой в Горном, Электротехническом и Политехническом институтах. В их химических лабораториях началась и успешно развивалась его научно-исследовательская деятельность. Последнюю Н.С. Курнаков всегда рассматривал как свой общественный долг; он постоянно заботился о расширении научных исследований путем привлечения к этой деятельности все новых и новых сил. В своих лекциях, практических занятиях и в особенности при руководстве дипломными работами студентов Н.С. Курнаков будил в студентах любовь к научно-исследовательской деятельности.

В своей деятельности Н.С. Курнаков умело сочетал теорию и практику, интересы науки и промышленности. Он являлся не только выдающимся представителем химической науки в России, но и большим знатоком ряда отраслей промышленности, с которыми был связан на протяжении всей своей жизни.

За свою плодотворную научно-техническую деятельность Н.С. Курнаков был избран почетным членом многих отечественных и иностранных обществ и научных организаций: в 1908 г. советом Электротехнического института он был избран почетным членом института и членом совета; в 1912 г. – членом русского отдела Международной комиссии по номенклатуре неорганических соединений; в 1913 г. Академия наук избрала Н.С. Курнакова ординарным академиком. В 1930 г. Н.С. Курнаков получил первую Менделеевскую премию за труды по химии, в 1939 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени за достижения в области химии.

80-летие Н.С. Курнакова было отмечено Правительством СССР присуждением ему звания заслуженного деятеля науки СССР. А в 1941 г. ему была присуждена Сталинская премия за работы по физической химии и труд «Введение в физико-химический анализ», опубликованный в 1940 г.

### ***Научно-исследовательская деятельность***

Работы Н.С. Курнакова, число которых превышает 200, касаются самых разнообразных вопросов как теоретической, так и практической химии.

Первый период своей научно-исследовательской деятельности (1891–1902 гг.) Н.С. Курнаков посвятил изучению вопросов, связанных со строением и свойствами так называемых комплексных соединений, принадлежащих к той группе веществ, которые образуются не из простых молекул, а из групп соединившихся друг с другом молекул.

Он открыл ряд новых соединений платины и установил чрезвычайно важную закономерность, дающую возможность при помощи реакции с тиомочевинной определить внутреннее строение ряда комплексных соединений двухвалентной платины.

Работами Н.С. Курнакова во второй период его деятельности, связанными с изучением металлических сплавов, открылась новая блестящая страница в истории развития металлографии. *Работы Н.С. Курнакова по изучению металлических сплавов вскрыли ряд весьма важных закономерностей, объясняющих как поведение металлов при их сплавлении, так и предопределяющих физико-химические и механические свойства полученных сплавов.* Они привели к значительным обобщениям общетеоретического характера. *Определение понятия химического соединения, развитие учения о химической диаграмме «состав – свойство» и создание нового отдела общей химии – «физико-химического анализа» представляют собой основные достижения творческой работы Н.С. Курнакова в этой области.*

Основной целью созданного Н.С. Курнаковым отдела общей химии – физико-химического анализа – является исследование соотношений между химическим составом и измеримыми на опыте свойствами систем.

Физико-химический анализ дал в руки исследователей мощное орудие для определения таких тонких различий в состоянии изучаемых тел, которые были совершенно недоступны для обычно применявшихся приемов химического исследования. Особенно продуктивным оказалось применение метода физико-химического анализа для разрешения вопроса о природе химического индивидуума, выдвинутого Н.С. Курнаковым.

Все работы Н.С. Курнакова по металлическим сплавам характеризуются одной примечательной особенностью: все они являются примером сочетания глубокой теории с насущными вопросами практики.

*Классификация металлоидов на соединения бертоллевого и дальтоновского типов, установление сингулярных элементов химической диаграммы и нахождение зависимости между свойствами и составом равновесных систем являются одинаково важными как для теории металлических сплавов, так и для практического применения их в различных областях техники.*



Установление Н.С. Курнаковым влияния факта образования твердых растворов на понижение электропроводности и ее температурного коэффициента сыграло огромную роль в дальнейшей судьбе развития техники получения реостатных сплавов. Нахождение новых сплавов, обладающих высоким электросопротивлением и ничтожным, почти нулевым, температурным коэффициентом, становится с этих пор предметом не грубого эмпиризма, а научного исследования.

Показанная в ряде работ Н.С. Курнакова связь между изменениями состава, механическими и другими техническими свойствами твердых растворов послужила надежным основанием для выбора и отыскания металлических сплавов, необходимых для удовлетворения разнообразных технических требований.

### *Соляное дело*

Наряду с многочисленными исследованиями по металлическим сплавам, Н.С. Курнаков много времени и внимания отдавал соляному делу.

Занимаясь лечебными грязями и изучая химические составы рассолов Куяльницкого и Хаджибейского лиманов, а также озер Генического и Перекопских, Н.С. Курнаков для объяснения их общего генезиса, несмотря на значительное отличие в химическом составе, ввел понятие о метаморфизации рассолов, о коэффициенте метаморфизации, являющемся критерием изменения химического состава естественных водоемов в процессе их жизни.

В связи с практическим освоением рассолов Карабогазского залива Н.С. Курнаков совместно с С.Ф. Жемчужным изучает взаимную водную систему (при 0 и 25 °С) «хлористый натрий – серномагниева соль». На основе этих исследований он дал классическую диаграмму равновесий, которой широко пользовались при решении вопросов, связанных не только с проблемой использования Кара-Богаз-Гола, но и многих других сульфатных озер Союза. В ней нашли отображение общая картина соляных превращений, условия кристаллизации различных солей, границы их устойчивого существования. Она указала путь к познанию генезиса соляных отложений в природе и дала для техники надежное средство для выделения отдельных веществ в чистом состоянии.

Н.С. Курнаковым был поднят важный вопрос об отечественном калии. Еще в 1916 г. на заседании Физико-математического отделения Академии наук Н.С. Курнаков доложил о результатах первых анализов образцов калиевых солей и высказал мысль, «что на севере, в Соликамске, мы, несомненно, имеем дело с сильвинитовыми отложениями».

В следующем году он писал, что «нахождение калиевых соединений в соликамских отложениях имеет не только научное, химическое и минералогическое значение, но может представить и большой промышленный интерес». Разведки месторождений калия в Соликамске привели к открытию месторождения мирового значения. Благодаря также трудам Н.С. Курнакова в настоящее время можно говорить уже о реальных возможностях получения калия в больших промышленных масштабах и в Урало-Эмбенском районе в Казахстане.

Для выяснения ряда вопросов, связанных с эксплуатацией и переработкой калиевых солей, Н.С. Курнаковым был проведен ряд работ по изучению равновесий соответствующих солевых систем. Под его руководством были начаты работы по изучению борнокислых соединений и условий их образования в связи с открытием отложений боратов в Индерском районе.

Открытие отечественных месторождений калия поставило перед Н.С. Курнаковым вопрос, тесно связанный с использованием калиевых солей, об изучении фосфорно-аммиачно-калиевых концентрированных удобрений. Его исследования поставили точку в разрешении вопроса о внесении в почву удобрений в легкоусвояемой форме.

В научную практику соляного дела Н.С. Курнаков ввел особый ряд специальных полевых экспедиционных исследований, во время которых проводились наблюдения физико-химического характера над соляными водоемами, сопровождаемые последующими лабораторными исследованиями. Они оказались чрезвычайно плодотворными в познании жизни соляных водоемов и путей их промышленного освоения.

Н.С. Курнаков был одним из непревзойденных знатоков соляного дела в Советском Союзе. Он всегда отдавал себя целиком делу исследования и строительства этой важной области народного хозяйства. Он собрал вокруг себя большие научные кадры учеников и последователей, с честью продолжающих начатое им дело. Н.С. Курнаков вооружил их надежным научным методом – «физико-химическим анализом», позволяющим рассматривать и разрешать сложные теоретические и практические вопросы путем всестороннего изучения объекта исследования через его диаграммы «состав – свойство», рисующие границы существования и свойства отдельных веществ, подлежащих рассмотрению в зависимости от физических и химических факторов равновесия.



### **НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ МИНКЕВИЧ**

Николай Анатольевич Минкевич (родился 5(17) февраля 1883 г. (Малмыж) – скончался 13 октября 1942 г. (Москва; Россия)) родился в маленьком уездном городке Малмыже Вятской губернии в плохо обеспеченной, но дружной семье. По окончании с золотой медалью гимназии в 1902 г. Н.А. Минкевич, не колеблясь, определил свой дальнейший путь. Он хотел быть инженером и в этом же году поступил на металлургический факультет Санкт-Петербургского политехнического института.

Молодым инженером-доменщиком отлично закончил политехнический институт в 1907 г. и был оставлен при институте для подготовки к диссертации на звание адъюнкт-профессора. Однако, следуя примеру крупнейших ученых металлургов П.П. Аносова, Д.К. Чернова, А.А. Байкова, М.А. Павлова, молодой инженер принял решение закрепить и углубить свои знания на практической заводской работе.

#### ***Работа на Обуховском заводе***

В январе 1908 г. он поступил на Обуховский завод, где в течение шести лет работал сначала инженером цеха, а затем помощником заведующего термическим цехом.

Складывавшаяся в то время обстановка способствовала развитию интереса Минкевича к изучению закалки стали. Термическая обработка стали в начале XX в. являлась новой прогрессивной областью техники, зародившейся в недрах металлургии. Идеи великого русского ученого

Д.К. Чернова широко распространились в среде инженеров. Идеи о зависимости свойств стали от ее структуры претворялись в жизнь, развивалась термическая обработка сплавов. Россия создавала свою качественную металлургию.

В ноябре 1911 г. Н.А. Минкевич предложил оригинальную конструкцию закалочного аппарата для закалки головной части снаряда. При этом им был разработан вопрос о скорости охлаждения и характере необходимой охлаждающей среды. Аппарат был сконструирован таким образом, что путем замены некоторых его узлов легко осуществлялся переход от обработки снарядов одного калибра к обработке снарядов другого калибра. В том же году Минкевич получил патент на конструкцию коридорной печи методического типа с разрезным посередине сводом, в которой изделия передвигаются при помощи механизма, подвешенного на балках, расположенных над печью.

Дальнейшая работа Н.А. Минкевича на Обуховском заводе и его возрастающий практический опыт позволили внести ряд других улучшений в технологию термической обработки деталей орудий и снарядов. В это время, как и в последующие годы на протяжении всей жизни, практическая деятельность Николая Анатольевича сочеталась с теоретической и литературной работой. Он опубликовал обстоятельную и чрезвычайно важную для того времени работу «Методы определения твердости металлов». Метод оценки «качеств металлов и согласования их со службой металлов в разных изделиях» в то время находился в ряду «новых методов механических испытаний». Как и испытания ударными и повторными нагрузками, определение твердости металлов только еще выдвигалось «на первый план». Работа Н.А. Минкевича имела большое значение в деле распространения этого метода на заводах России. Она была опубликована в «Журнале Русского металлургического общества» в 1911 г. и тогда же вышла отдельным оттиском в виде брошюры. При сравнительно небольшом объеме (3 печатных листа) эта работа представляла собой законченную монографию по рассматриваемому вопросу. Описание существовавших тогда методов определения твердости металлов и сплавов было дано в ясной и доходчивой форме; благодаря последовательному разбору различных методов определения твердости и четкой классификации приборов, основанных на том или ином принципе, эта работа и сейчас читается с большим интересом.

В 1912 г. была опубликована вторая работа Н.А. Минкевича, являющаяся продолжением исследования, – «Вопрос о связи между твердостью и другими механическими качествами стали».

За время работы на Обуховском заводе Н.А. Минкевич занимался разработкой нового вида термической обработки – одинарной обработки. Одинарная обработка, состоящая из одной операции – нагрева до температуры закалки с последующим охлаждением с некоторой средней скоростью – должна была заменить термическую обработку, состоящую из двух операций: закалки и отпуска. Этот метод Николай Анатольевич применил при термической обработке снарядов.

В эти же годы (1911–1912 гг.) им были исследованы новые хромомедистые и хромоникельмолибденовые стали, из которых в дальнейшем изготавливались изделия специального назначения.

### ***Научно-педагогическая деятельность***

В 1920 г. в жизни Н.А. Минкевича произошла большая перемена: он был приглашен на должность профессора Московской горной академии. Это молодое советское учебное заведение, организованное по инициативе В.И. Ленина, собирало в это время виднейших ученых страны. Среди них были В.Е. Грум-Гржимайло, Н.С. Верещагин, позднее избранные академиками М.А. Павлов и Н.П. Чижевский и член-корреспондент Академии наук СССР Б.В. Старк.

В Горной академии Н.А. Минкевич организовал на металлургическом факультете кафедру и специальность «Металловедение и термическая обработка стали». В 1930 г. металлургический факультет Горной академии выделился в самостоятельный институт стали им. И.В. Сталина, в котором Николай Анатольевич до самой смерти руководил кафедрой металловедения и термической обработки. С 1937 по 1939 гг. Н.А. Минкевич был также заместителем директора Московского института стали по учебной и научной работе.

Став профессором, Н.А. Минкевич не порывал с промышленностью. Он говорил: «Как ни интересны мне исследования и преподавание, жизнь для меня бьется там – на заводе». Это было лозунгом и руководством к действию на протяжении всей его деятельности. Он учил студентов и занимался наукой для практики, для развития советской металлургии. Он работал консультантом, экспертом, членом научных и технических советов. За заслуги в развитии советской науки и промышленности 20 мая 1934 г. Президиум ВЦИК присвоил Н.А. Минкевичу звание заслуженного деятеля науки и техники.

Профессор Н.А. Минкевич написал десятки работ, среди них 14 капитальных трудов по металловедению и термической обработке стали.

Он занимался исследованием и внедрением в промышленность процессов азотизации, твердой, жидкой и газообразной цементации стали. Из этих исследований сделан ряд теоретических и производственных выводов, позволивших усовершенствовать имевшиеся ранее и внедрить в производство новые технологические методы.

Он исследовал скорости нагрева стали в различных средах.

Под руководством Н.А. Минкевича на заводах проводились различные исследования и эксперименты по термообработке пружин, штампов, инструментов, деталей самолетов, автомашин и др.

Н.А. Минкевич был одним из организаторов и руководителей организованного в Московском институте стали им. И.В. Сталина опытного производства и научного исследования халиловских сталей, выплавленных из халиловских чугунов, природно-легированных хромом и никелем. Эти работы послужили одним из важнейших оснований для решения Правительства о промышленной эксплуатации халиловского железо-рудного месторождения.

Н.А. Минкевич участвовал в работах по исследованию и внедрению в производство высококобальтовой магнитной и жаропрочных сталей, изотермической обработки стали. Под его руководством разрабатывались новые марки быстрорежущих сталей, исследовалась их структура и свойства. За создание новых марок и внедрение их в производство в 1941 г. Н.А. Минкевичу была присуждена Сталинская премия 2-й степени.

Большое место в трудах Н.А. Минкевича уделено вопросам технологии и оборудования термических цехов. Особенно следует отметить труды, посвященные сдвигам в металлургическом производстве, вызванным стахановским движением. Анализируя эти сдвиги, Н.А. Минкевич формулировал задачи, стоящие перед научно-исследовательскими институтами и ВТУЗами.

Нужно указать также на многочисленные работы Н.А. Минкевича и его учеников в области фазовых превращений в стали и развития физических методов исследования.

Н.А. Минкевич является признанным основателем и руководителем широкой советской школы инженеров термистов-металловедов. Стиль его руководства – это, прежде всего, стиль организатора коллективной работы. Вся его научная и инженерная деятельность была направлена на решение задач укрепления и развития народного хозяйства и обороны нашей страны. Н.А. Минкевич вдохновлял окружающих его сотрудников и в их коллективе черпал свои силы.

Под руководством Н.А. Минкевича из Московского института стали было выпущено свыше 600 инженеров термистов-металловедов. Десятки человек защитили под его руководством кандидатские диссертации. Среди его учеников много профессоров, докторов наук, руководителей промышленности. Основной характеристикой научно-технического профиля этих специалистов, помимо металлургической подготовки, является не только подготовка их по металлосведению, теории и методике термической обработки стали, но и по практике технологических цехов.

### ***Работа в области военной промышленности***

Опыт Первой мировой войны показал, что для изготовления орудий следует применять специальные стали весьма высокого качества. Обзор сталей, применяемых для изделий военной промышленности и их термической обработки в дореволюционной России, сделанный Н.А. Минкевичем, был издан Главвоенпромом в 1922 г. Эта работа позволила правильно наметить ряд составов сталей, подлежащих исследованию с целью улучшения артиллерийской и броневой стали. Позднее, будучи членом Междуведомственной комиссии по изысканию сортов специальной стали для орудийных, пулеметных и ружейных стволов, Н.А. Минкевич выступил с рядом докладов на заседаниях этой комиссии. Некоторые доклады были опубликованы в печати. В частности, в сборнике докладов Междуведомственной комиссии при Артиллерийском комитете за 1926 г. опубликованы два доклада Н.А. Минкевича «К вопросу о выборе стали для орудий» и «Сорта стали, рекомендуемые для лабораторных испытаний».

Качество брони и артиллерийских снарядов определяется, прежде всего, свойствами материала, из которого они изготовлены. В этих докладах автор рекомендует на основании собственных исследований, заводских и литературных данных ряд различных составов специальной стали, которые могут позволить, в первую очередь, выбрать улучшенные сорта для замены углеродистой стали для орудий, существовавших в то время конструкций, и, во вторую очередь, выбрать сталь для вновь проектируемых усовершенствованных орудий.

Помимо деятельности в области орудийного и ружейно-пулеметного дела, Н.А. Минкевич проводил большую работу по совершенствованию производства снарядов и брони. Еще в 1912–1914 гг. Н.А. Минкевич, будучи цеховым инженером и помощником заведующего термическим цехом на Обуховском заводе, провел ряд работ по изысканию специальных

легированных сталей и разработке методов их производства. В частности, исследованная Н.А. Минкевичем хромокремнемарганцовистая сталь нашла в последующие годы широкое применение в различных отраслях промышленности.

В период 1930–1931 гг. он был консультантом АУ РККА по снарядам и взрывателям.

В 1931–1932 гг. Н.А. Минкевич участвовал в работах Комиссии МПУ НКТП и Снарядного треста по выработке методов производства бронебойных снарядов и руководил опытным производством этих снарядов, консультировал проекты снарядных заводов.

С 1934 по 1937 гг. Н.А. Минкевич работал в качестве начальника, а затем ответственного консультанта Специального снарядного бюро НКТП и продолжал эту работу по 1938 г. в качестве консультанта одного из научно-исследовательских институтов. Являясь консультантом этого института, он руководил производством и внедрением в промышленность ряда предложенных им сталей-заменителей.

В области броневых дел Н.А. Минкевичем проделана также значительная работа. В 1931 г. по заданию Орудийно-оружейного объединения Н.А. Минкевичем был произведен анализ и даны консультации по производству тонкой брони на ряде заводов. Необходимо также указать на его изобретение метода цементации брони газами, получаемыми путем пиролиза керосина.

### ***Работа в области авиационной промышленности***

После Первой мировой, а затем и гражданской войны воздушный флот России был почти полностью уничтожен. Поэтому в первые годы советской власти уделялось большое внимание развитию авиационной промышленности.

Для развития авиастроения было необходимо, прежде всего, создать новые специализированные цеха и заводы, освоить новое оборудование, создать современную технологию обработки деталей мотора и самолета и решить задачу правильного выбора материала для их изготовления. В решении всех этих вопросов значительная заслуга принадлежит Н.А. Минкевичу.

С конца 1924 г. Н.А. Минкевич работал в качестве главного металлурга и консультанта в ГУВП и Авиатресте. Он руководил выбором новых металлургических баз авиастроения, консультировал металлургические заводы и заводы Авиатреста по вопросам металлургического



оборудования, руководил разработкой и усовершенствованием технологических процессов термообработки, литья,ковки и холодной протяжки на авиазаводах. Работая в качестве председателя секции черных металлов Авиаавтостандартной комиссии при ГУМП ВСНХ, а затем, с 1926 г., при Комитете стандартов, Н.А. Минкевич непосредственно участвовал в составлении всех первых технических условий для черных металлов в авиастроении и руководил дальнейшим их усовершенствованием и согласованием с заводами-поставщиками.

Анализ вопросов металлургии в авиастроении и программа научно-исследовательских работ были опубликованы Н.А. Минкевичем в 1927 г. В этой работе намечены пути развития авиапроизводства и повышения качества выпускаемых конструкций за счет улучшения металлических полуфабрикатов.

В результате этих работ были найдены новые методы изготовления ряда изделий, которые ранее ввозились из-за границы. К таким изделиям относились ленты расчалок, осевые самолетные трубы из хромоникелевой стали, кобальтовые магниты, хромованадиевая пружинная проволока, спицевая и расчалочная проволока, холоднотянутая самолетная и холоднокатанная листовая стали. Кроме того, в результате работ, проведенных Н.А. Минкевичем, представилось возможным улучшить методику изготовления коленчатых валов и клапанов авиамоторов и изыскать стали для их изготовления. Некоторые из этих работ были опубликованы в ряде технических журналов.

Дальнейшая деятельность Н.А. Минкевича непрерывно, вплоть до последних дней его жизни, в том числе и в годы Великой Отечественной войны, была неразрывно связана с авиационной промышленностью. Развитие авиации ставило все более и более сложные задачи перед металлургией, металловедением и термической обработкой.

Последователи Н.А. Минкевича, многие из которых являлись его учениками, продолжали исследования в области рационализации режимов тепловой обработки деталей авиастроения, разработки новых более совершенных режимов термической обработки и изыскания сплавов, удовлетворяющих требованиям современной авиации. Многими из этих работ руководил до последних дней своей жизни он сам.

Плодотворная деятельность Н.А. Минкевича в авиационной промышленности помогла советскому авиастроению, особенно в годы его становления, когда необходимо было решить ряд вопросов, связанных с разработкой новой технологии, переоборудованием металлургических и авиационных заводов, важно было укрепить и приступить к массовому выпуску самолетов и моторов.



### ЯН ЧОХРАЛЬСКИЙ

Ян Чохральский (польск. *Jan Czochralski*) (родился 23 октября 1885 г. (Кцыня) скончался 22 апреля 1953 г. (Познань; Польша)) – польский химик, изобретатель широко известного в настоящее время метода выращивания монокристаллов из расплава путем вытягивания их вверх от свободной поверхности, названного впоследствии его именем.

Примерно в 1900 г. Ян Чохральский переехал в Берлин, где некоторое время работал в фармацевтической компании. Закончил Берлинский технический университет по специальности «Химия металлов» и в 1907 г. начал работать инженером в компании «AEG».

В 1917 г. Чохральский переехал во Франкфурт-на-Майне и основал исследовательскую лабораторию «*Metallbank und Metallurgische Gesellschaft*», которую возглавлял вплоть до 1928 г. В 1919 г. он стал одним из основателей Немецкого общества наук о металлах (нем. *Deutsche Gesellschaft für Metallkunde*), где в должности президента работал до 1925 г.

В 1928 г. по приглашению президента Польши Игнация Мосцицкого Чохральский вернулся на родину и получил место профессора на химическом факультете Варшавского политехнического института. Во время Второй мировой войны он был в числе ученых, занимавшихся разработкой ручных гранат для «Армии Крайова». После окончания войны его академическая карьера была прервана в связи с обвинениями в сотрудничестве с Германией, однако позже все обвинения были сняты. Последние годы жизни Чохральский провел в своем родном городе Кцыня, где он руководил небольшой фирмой, производившей косметические и другие бытовые химические товары.

### ***Открытие метода Чохральского***

По некоторым сведениям, Чохральский открыл свой знаменитый метод выращивания монокристаллов в 1916 г., когда случайно уронил свою ручку в тигель с расплавленным оловом. Вытягивая ручку из тигля, он обнаружил, что вслед за металлическим пером тянется тонкая нить застывшего олова. Заменяя перо ручки микроскопическим кусочком металла, Чохральский убедился, что образующаяся таким образом металлическая нить имеет монокристаллическую структуру.

В экспериментах, проведенных Чохральским, были получены монокристаллы размером около одного миллиметра в диаметре и до 150 см длиной. Чохральский изложил суть своего открытия в статье «Новый метод измерения степени кристаллизации металлов», опубликованной в немецком журнале «*Zeitschrift für Physikalische Chemie*» (1918 г.).



### **АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ БОЧВАР**

Андрей Анатольевич Бочвар (родился 8 августа 1902 г. (Москва) – скончался 18 сентября 1984 г. (Москва; Россия)) 1923 г. окончил Высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана и затем работал там же преподавателем. С 1930 г. его преподавательская деятельность многие годы была связана с Московским институтом цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (впоследствии МИСиС), где он возглавлял кафедру металловедения, основанную его отцом, также известным ученым-металловедом, Анатолием Михайловичем Бочваром.

В 30–40-е годы Андрей Анатольевич был уже видным ученым, автором ряда широко известных в нашей стране и за рубежом исследований. Им были разработаны теория кристаллизации сплавов эвтектического типа, теория литейных сплавов, основы структурной теории жаропрочности и термической обработки сплавов, изучены механизмы пластической деформации и рекристаллизации металлов и сплавов. Позже, впервые в СССР, им было подробно исследовано явление сверхпластичности металлов и разработана теория этих процессов, установлены закономерности деформации металлов с разным типом кристаллической решетки при циклическом изменении температуры и др. Учебники А.А. Бочвара по металловедению и термической обработке и сейчас являются настольными книгами металлургов и технологов. Андрей Анатольевич был одним из основателей отечественной школы металловедения. Наряду с преподавательской деятельностью он уделял большое внимание нуждам промышленности и, в частности, впервые в мире разработал и внедрил метод кристаллизации фасонных отливок под давлением. В течение нескольких лет он был научным консультантом Всесоюзного института авиационных материалов (ВИАМ). В 1939 г. А.А. Бочвар был избран членом-корреспондентом, а в 1946 г. – членом АН СССР.

### *Педагогическая деятельность*

К работе в институте Андрей Анатольевич приступил в 1946 г. сначала в должности научного консультанта, а затем (с ноября 1947 г.) начальника отдела, созданного по решению Совнаркома для изучения плутония и урана. В декабре 1952 г. он был назначен директором института, но еще несколько лет продолжал работу на кафедре. Однако впоследствии он все же вынужден был прекратить преподавательскую деятельность и сосредоточил все свое внимание на развитии института и решении поставленных задач.

Как директор Андрей Анатольевич нес огромную ответственность за формирование и практическую деятельность всех многочисленных подразделений института с широким спектром сложнейших задач в различных областях знаний, таких как: металлургия, металлофизика, металловедение, коррозия и защита металлов, технология производства топлива, конструкционных материалов и твэлов для ядерных реакторов различных типов и назначения, создание материалов и технологий производства изделий оборонной техники, радиационная химия,

переработка облученного топлива и отходов и др. Каждая из этих задач представляла собой сложную научную и организационную проблему и применительно к таким материалам, как уран и плутоний, решалась впервые в мире. Создание специальных конструкционных материалов с учетом условий их работы в ядерных реакторах также требовало принципиально новых научных подходов. При этом для всех исследований и разработок устанавливались кратчайшие сроки, а их результаты сразу передавались конструкторским организациям и в промышленность.

Все это показывало необходимость создания уникальной экспериментальной базы и специального оборудования для работы с радиоактивными материалами и организации в институте специализированных научных коллективов, которые возглавили известные ученые и высококвалифицированные специалисты. К работе в институте были привлечены академик И.И. Черняев, член-корреспондент С.Т. Конобеевский, доктор технических наук А.Н. Вольский, доктор технических наук А.С. Займовский, член-корреспондент П. П. Будников, член-корреспондент Н.А. Изгарышев, многие другие ученые и демобилизованные из армии специалисты. Под их руководством складывались лаборатории и отделы, для работы в которые переводились специалисты из различных отраслей промышленности и отправлялись молодые специалисты, окончившие университеты и вузы страны.

### *Научно-исследовательская деятельность*

Наибольший личный вклад как ученый-металловед Бочвар внес в создание сплавов на основе урана и плутония, конструкционных материалов и промышленных технологий изготовления из них ответственных изделий атомной техники.

В 1946 г. в институте были начаты исследования, и в 1947 г. впервые в нашей стране получены микрограммовые количества нового, до тех пор неизвестного металла – плутония, а затем и первые данные о его структуре и свойствах. Советские ученые (С.Т. Конобеевский, Н.Т. Чеботарев, В.И. Кутайцев и др.) во главе с А.А. Бочваром первыми опубликовали диаграммы состояния плутония с различными элементами.

В 1949 г. по поручению правительства Андрей Анатольевич возглавил бригаду сотрудников института и под его руководством на комбинате «Маяк» в сложных и малоприспособленных условиях был создан ядерный заряд первой отечественной атомной бомбы, успешное испытание которой положило конец монополии США в этой области.

В последующие годы также при непосредственном участии Андрея Анатольевича был создан заряд первой водородной бомбы. Незадолго до I Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955 г.) С.Т. Конобеевский прочел в Московском университете доклад об исследовании диаграмм состояния с плутонием, закрепив тем самым приоритет отечественной науки в этой области. Впоследствии на микроколичествах материала было исследовано взаимодействие плутония практически со всеми элементами Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. В процессе этих исследований были разработаны промышленные сплавы на основе плутония. Талант предвидения, анализ и обобщение конкретных данных позволили Бочвару по результатам, полученным коллективом сотрудников при исследовании микрограммовых образцов, определить все основные свойства плутония и его сплавов, необходимые конструкторам при физических расчетах изделий. В начале 50-х годов И.В. Курчатов поручил А.А. Бочвару решение одной из сложнейших проблем атомной техники – проблему живучести твэлов промышленных уран-графитовых реакторов наработчиков кондиционного плутония для производства ядерных зарядов.

Под руководством А.А. Бочвара и Г.Я. Сергеева была организована специальная лаборатория, выполнены обширные исследования, результаты которых позволили установить причины низкой живучести твэлов в реакторах и создать научную концепцию решения проблемы. Данные, полученные при изучении структуры и свойств урана в зависимости от химического состава, температуры и условий деформации до, во время и после облучения, послужили основой при разработке специального низколегированного уранового сплава для сердечников твэлов и новых технологических процессов их изготовления. Одновременно под его руководством был создан ряд новых коррозионностойких алюминиевых сплавов для оболочек, разработаны современные методы герметизации твэлов и аппаратура контроля их качества.

По инициативе Андрея Анатольевича были выполнены сложные реакторные испытания, позволившие определить допустимые параметры эксплуатации твэлов в проточных и двухцелевых (энергетических) реакторах. Все эти исследования и технологические разработки выполнялись не только во многих лабораториях института, но и в тесном контакте с сотрудниками других институтов и предприятий.

Андрей Анатольевич непосредственно руководил выполнением исследовательских, технологических и внедренческих разработок коллективами института, предприятий, производящих твэлы, персоналом реакторов, что способствовало успешному решению проблемы живучести и обеспечило многолетнюю (более 30 лет) устойчивую работу промышленных уран-графитовых реакторов на высоких эксплуатационных параметрах.

Под руководством Андрея Анатольевича началась разработка конструкций, материалов и технологий производства твэлов для реакторов АЭС и транспортных установок. Ему принадлежит идея использования в качестве топлива для быстрых реакторов диоксида урана. Правильность такого выбора была подтверждена практикой, и впоследствии все зарубежные реакторы также были переведены на оксидное топливо.

Под его руководством были разработаны специальные стали и алюминиевые сплавы и технология производства изделий из этих основных конструкционных материалов атомной промышленности, а также наряду с исследованиями, проводимыми в ВИАМе под руководством Р.С. Амбарцумяна, начато изучение циркония и его сплавов. В дальнейшем эти направления возглавили такие видные ученые, как А.С. Займовский и А.Г. Самойлов, Н.П. Агапова, Ф.Г. Решетников, И.С. Головнин.

Обширные знания в области металловедения, делящихся и конструкционных материалов и воздействия на них облучения, обеспечили возможность коллективам лабораторий в кратчайшие сроки и на высоком научном уровне решать постоянно возникающие новые задачи. Так, в 50-х годах на базе результатов исследования сплавов системы уран-молибден Бочвар предложил использовать сплав с 9 % молибдена (ОМ-9) в качестве топлива первой в мире атомной электростанции, где он и применялся в виде крупки в течение многих лет. К числу таких работ относится создание сложных многокомпонентных сплавов на основе урана и плутония, с заданной сложной совокупностью свойств и промышленной технологии изготовления из них ответственных изделий оборонной техники.

### *Личность Андрея Анатольевича Бочвара*

Андрей Анатольевич отличался колоссальной эрудицией, чему способствовало знание иностранных языков, четкостью в постановке исследований, огромным трудолюбием, сильной волей и ответственностью при принятии решений. Его научное руководство и постоянный личный анализ новых экспериментальных результатов во многом определяли формирование важнейших научных направлений и способствовали накоплению научных данных, получивших признание и высокую оценку зарубежных специалистов. Он хорошо знал производство, так как постоянно бывал на предприятиях и скрупулезно вникал в детали технологических процессов.

В отношениях с сотрудниками Андрей Анатольевич всегда сохранял определенную дистанцию, но был внимателен к трудностям в работе и личным нуждам и всегда помогал и словом, и делом. Все испытывали к нему огромное уважение, к каждой встрече тщательно готовились, а его научный авторитет был непререкаем не только в институте, но и у руководителей отрасли. Очень тепло и с большим уважением относились к Андрею Анатольевичу: Б.П. Ванников, А.П. Завенягин, И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон, А.П. Александров, Е.П. Славский.

Особое внимание Андрей Анатольевич уделял подготовке научных кадров как в институте, так и на предприятиях. Видные ученые систематически читали лекции по различным отраслям знаний. Андрей Анатольевич также не раз выступал с лекциями и научными докладами. Его опыт преподавателя, манера четко, чрезвычайно сжато и просто излагать материал делали его выступления очень интересными и запоминающимися. Прекрасной школой были «оперативки», которые Андрей Анатольевич многие годы регулярно проводил по пятницам, с участием ведущих ученых и молодых специалистов. На этих совещаниях детально обсуждались результаты исследований, теоретические выводы, практические предложения и определялись направления дальнейших работ. Большое значение имели также отраслевые конференции и совещания, подготовка к которым всегда была в поле зрения Андрея Анатольевича.

Андрей Анатольевич создал в институте атмосферу требовательности, которая сочеталась с большим доверием к сотрудникам, что способствовало развитию творческой инициативы и активности.

За годы, когда институт возглавлял Андрей Анатольевич, многие сотрудники защитили кандидатские и докторские диссертации, стали преподавателями ВУЗов, авторами многих научных статей и книг. Однако защита диссертаций никогда не была самоцелью, а являлась естественным итогом напряженной научной работы. Андрей Анатольевич всегда придавал большое значение самой работе над диссертацией, связанной с глубокой проработкой материала, анализом результатов собственных и зарубежных исследований, определением направлений дальнейших исследований, и категорически возражал против защит по докладам и аннотациям.

Большое внимание Андрей Анатольевич уделял формированию научных коллективов на предприятиях и подготовке для них специалистов. Многие сотрудники, ставшие впоследствии ведущими специалистами и руководителями предприятий отрасли, первый опыт работы с радиоактивными материалами получили во время стажировки в институте. Встреча с А.А. Бочваром, замечательным человеком и ученым, во многом определила счастливую творческую судьбу многих молодых сотрудников.



В результате А.А. Бочвар создал один из крупнейших научно-исследовательских институтов страны и школу высококвалифицированных специалистов в области материаловедения, делящихся и конструкционных материалов и технологии промышленного производства, ответственных изделий атомной техники. Одновременно были успешно решены сложные научные и практические задачи переработки облученных материалов.

А.А. Бочвар возглавлял институт в течение 32 лет вплоть до своей кончины 18 сентября 1984 г. Это были самые плодотворные и самые напряженные годы, когда институт стал ведущим научным центром отрасли. Его сотрудники внесли значительный вклад в мировую науку, создание ядерной энергетики и укрепление обороноспособности страны.

Деятельность института и личный вклад А.А. Бочвара в становление и развитие отечественной атомной промышленности и науки высоко оценило Правительство. Институт был награжден высшей наградой – орденом Ленина. Многие сотрудники награждены орденами и медалями, являются лауреатами Ленинских и Государственных премий.

Андрею Анатольевичу дважды было присвоено звание Героя Социалистического Труда, он награжден четырьмя орденами Ленина, другими орденами и медалями, был лауреатом Ленинской премии и четырех Государственных премий.



**ЯКОВ ИЛЬИЧ ФРЕНКЕЛЬ**

Яков Ильич Френкель (родился 10 февраля 1894 г. (Ростов-на-Дону) – скончался 23 января 1952 г. (Ленинград, СССР)) учился в гимназии в Петербурге, куда переехала семья. Будучи гимназистом, он написал две

обширные работы по математике и физике, посвященные теории происхождения атмосферного электричества. Хотя оба сочинения были незрелыми, они свидетельствовали о бесспорной одаренности юного автора.

В 1912 г. он закончил свою первую работу по физике магнитного поля Земли и атмосферного электричества.

В 1913 г. Френкель окончил гимназию с золотой медалью. В этом же году Яков Френкель поступил в Петербургский университет, через 3 года окончил физико-математический факультет по «математическому разряду» и был оставлен в университете для подготовки к профессорскому званию.

Летом 1916 г. известный петроградский физик Абрам Федорович Иоффе организовал в своей лаборатории в Политехническом институте семинар по проблемам физики. В нем принял участие Френкель. Вместе с другими начинающими учеными, в том числе П.Л. Капицей и Н.Н. Семеновым, Френкель участвовал в дискуссиях, составлял обзорные рефераты по статьям, публиковавшимся в научных журналах, делал доклады. Выступающие на семинаре, разумеется, могли без всякого стеснения высказывать свои мысли и взгляды на обсуждавшиеся проблемы, бурно выражать свои восторги, как и свое неудовольствие, иронизировать над авторитетами. Иногда дискуссии затягивались до полуночи.

В начале 1917 г. семья Френкелей переехала в Ялту. Сам Яков Ильич остался в Петрограде.

### *Научная деятельность*

Круг интересов Френкеля был необычайно широк: электронная теория твердых тел, физика конденсированного состояния и физика атомного ядра, общие вопросы квантовой механики и электродинамики, астрофизика, гео- и биофизика. Френкелю принадлежат основополагающие работы по квантовой теории твердого тела. Он объяснил в 1917 г. на основе квантовой теории Бора явление контактной разности потенциалов и заложил основы квантовой теории металлов, показав, что валентные электроны в металлах коллективизируются и при достаточно высоких температурах не вносят вклада в удельную теплоемкость (теория «блуждающих» электронов разрешила так называемую «катастрофу» с теплоемкостью в классической электронной теории металлов).

С 1918 по 1921 гг. Яков Ильич жил в Крыму вместе с родителями. Он был избран приват-доцентом созданного в 1918 г. Таврического университета, где среди студентов, посещавших его лекции по физике, были И.В. Курчатов и К.Д. Синельников, в будущем известные ученые-физики.

С 1919 г. ассистентом кафедры физики работал только что окончивший Московский университет теоретик Игорь Евгеньевич Тамм. Жизнь преподавателей и студентов в голодающем Крыму была очень трудной. После лекций они на равных условиях получали бесплатный «обед», неизменный суп из перловой крупы, прозванной иронически шрапнелью, в котором плавали 2–3 микроскопические рыбки – тюльки. Каждому полагался также хлебный паек – 200 граммов в день. Помещения зимой совершенно не отапливались, и комнаты были пропитаны сыростью и холодом. Об электрическом освещении почти забыли. Повсюду пользовались примитивными коптилками. Френкель в этот период подружился с Таммом; оба, несмотря на суровые условия быта, сумели сохранить оптимизм. Дружба их продолжалась всю жизнь до самой смерти Френкеля.

Тамм писал о Френкеле: «Это был живой, общительный, увлекающийся, необычайно разносторонний человек. Наряду с наукой, он находил время и для игры на скрипке, и для живописи (сохранился целый ряд написанных им картин и портретов друзей и знакомых); он не только обладал своеобразным обаянием, покорявшим даже малознакомых с ним людей, но отличался и необыкновенной душевной теплотой и был на редкость добрым человеком, в подлинном, самом лучшем смысле этого слова». Френкель, каким его рисует Тамм, уже зрелый человек с жизненным опытом, высоко ценимый за свой талант и человеческие черты.

В начале 1921 г. Френкель по вызову А.Ф. Иоффе вернулся в Петроград уже с женой С.И. Гординой, бывшей студенткой Таврического университета.

Приглашая Я.И. Френкеля в свой институт, А.Ф. Иоффе проявил определенную дальновидность, хотя сам в то время недооценивал теоретическую физику. Тогда Иоффе казалось достаточным иметь в штате крупного научного института одного теоретика. Но это было, конечно, заблуждение, каких немало находим мы в биографиях выдающихся ученых. В то же время сам Иоффе глубоко понимал теорию тех явлений, которые исследовал и изучал. Иоффе дожил до небывалого расцвета теоретической физики и, в частности, до торжества теоретических идей своего ближайшего сотрудника Френкеля.

На студенческих семинарах Я.И. Френкеля студенты делали доклады по журнальным статьям. Главным образом, это были экспериментальные исследования немецких ученых в области электронных и ионных явлений в вакууме и в газах, продолжавших работы Томсона и Резерфорда в Кембридже в конце прошлого века. Теоретических работ не было. Курс ядерной физики не читали, хотя к этому времени за границей было уже опубликовано много работ Резерфорда, Бора и других исследователей атомного ядра.

Френкелю пришлось «создавать» теоретическую физику в нашей стране, преодолевая некоторое предубеждение к теоретикам, в том числе и со стороны даже кое-кого из крупных ученых. Долгие годы Френкель был единственным теоретиком в Физико-техническом институте, где работали десятки экспериментаторов и значительный персонал инженерно-технических специалистов.

Но наступила эра, когда теоретики стали указывать пути экспериментаторам. Например, в ядерной физике Френкель и другие теоретики в разных странах создали теоретические представления о механизме деления ядер. После этого экспериментаторы открыли цепную ядерную реакцию и вступили на путь, увенчавшийся овладением ядерной энергией.

Френкель как физик-теоретик был одним из интереснейших мыслителей, постоянно анализирующих природу сложнейших явлений и процессов, постоянно стремящихся проникнуть в тайны, которые несет в себе загадочная и недоступная природа.

Разрабатывая в 1923–1929 гг. электронную теорию твердых кристаллических тел, в том числе металлов, Френкель впервые применил к изучению движения электронов в них методы квантовой статистики, ввел понятие дефекта кристаллической решетки (отсутствие атома в соответствующем узле кристаллической решетки, ныне называемое *дефектом по Френкелю*), что позволило ему описать не только электропроводность, но и упругость, так что в его интерпретации теория упругости стала как бы разделом теории электричества. В течение 3–4-х лет Френкель опубликовал несколько книг: «Строение материи» (1921 г.), «Теория относительности» (1923 г.), «Электрическая теория твердых тел» (1924 г.).

Осенью 1925 г. благодаря содействию Пауля Эренфеста Френкель уехал на год в заграничную научную командировку. Он ознакомился с постановкой дела в Геттингенском и других немецких университетах. Там 20 ноября 1925 г. произошла судьбоносная встреча Френкеля с Альбертом Эйнштейном. В течение двух часов Френкель излагал

соображения, которые должны были составить основу его доклада на семинаре. Когда в беседе были затронуты некоторые другие вопросы, связанные с квантовой теорией, Эйнштейн резюмировал свое отношение к ней словами: «Положение отчаянное, ничего понять невозможно!».

Через несколько дней Френкель пришел на семинар в физическую аудиторию Берлинского университета. Председательское место занимал Макс фон Лауэ, ученик Макса Планка. Несколько лет до этого Яков Ильич с большим интересом знакомился с выдающимися работами Планка по термодинамике излучения, а теперь увидел здесь самого автора. Макс Планк (хорошо знакомый физикам по портретам, невысокого роста, с лысой головой и небольшими черными усами, в металлических очках) сидел в первом ряду. С ним о чем-то говорил Альберт Эйнштейн, с седеющей гривой длинных волос и погасшей трубкой во рту. В пожилом человеке, одетом в старомодный сюртук и белый жилет со звездой на лацкане, Френкель узнал физика Вальтера Нернста, он был известен еще и как изобретатель «лампочек Нернста» и рояля Нернста – Бехштейна.

*На этом семинаре Френкель изложил свою теорию электропроводности металлов. Иоффе, сидевший в первом ряду, время от времени одобрительно кивал головой. Доклад Френкеля и реакция аудитории явно доставляли ему удовольствие. После доклада начались прения. Эйнштейн сказал краткую речь, подчеркнув, что соображения Френкеля совершенно правильны, а результаты весьма замечательны.*

Из Германии Френкель выехал в Англию и побывал в Кембриджском университете, где работавший в то время П.Л. Капица познакомил его с Кевендишской лабораторией и ее руководителем Эрнестом Резерфордом. В Париже Яков Ильич посетил Институт радия, где познакомился с Мари Кюри, Фредериком Жолио-Кюри и Полем Ланжевеном.

В Геттингене Я.И. Френкель работал у известного теоретика Макса Борна – одного из основателей квантовой механики. В то время здесь находилось несколько молодых советских ученых: С.И. Вавилов, П.Л. Капица (приехавший из Кембриджа), Ю.А. Крутков, В.Н. Кондратьев (стажировавшийся у Джеймса Франка).

В начале октября 1927 г. Френкель вернулся на родину. В его портфеле были записки и отписки статей, свидетельствующие об успехах молодой науки – квантовой механики. *В этом же году он применил представление о волнах де Бройля к движению свободных электронов в металлах и объяснил относительно большую «прозрачность» металлических кристаллов для электронов проводимости, зависимость электропроводности от температуры и наличия примесей и других*

*несовершенство кристаллической решетки. В частности, Френкель описал движение свободных электронов в металлах с помощью представления о волнах де Бройля, что позволило ему объяснить поведение электронов проводимости в металлических кристаллах и зависимость их электропроводности от температуры и наличия примесей в кристаллической решетке.*

Начиная с 1928 г. Френкель успешно раскрывал аналогии между макроскопическими процессами – испарением обычных твердых и жидких тел – и процессами микроскопическими – диссоциацией отдельных молекул и распадом возбужденных ядер. Внес серьезный вклад в кинетическую теорию жидкостей, описав температурную зависимость их диффузии, вязкости и упругости, предложил общие уравнения упруго-вязкой среды. В дальнейшем занимался кинетикой фазовых переходов, адсорбцией, гетерофазными флуктуациями.

Мировое признание получили и работы Френкеля в области общих разделов физической теории. Ученый занимался электродинамикой точечного электрона и электрона вращающегося; сопоставлением «старой» и «новой» квантовой механики; релятивистскими обобщениями квантомеханических уравнений. Новые идеи Френкель внес в геофизику. Разрабатывал теорию атмосферного электричества, занимался выяснением природы земного магнетизма и других явлений в недрах Земли.

Яков Ильич был делегатом Международного физического конгресса в итальянском городе Комо, посвященном памяти Александра Вольты. На конгрессе присутствовали крупнейшие теоретики и экспериментаторы разных поколений. Были здесь знаменитые датчанин Нильс Бор и немец Арнольд Зоммерфельд, а также совсем молодой итальянский теоретик Энрико Ферми. Через несколько лет Френкель встретился с Зоммерфельдом в Одессе, где проходил Первый Всесоюзный физический съезд (август 1930 г.). Зоммерфельд, Вольфганг Паули и другие крупные иностранные физики были гостями съезда. Зоммерфельд попросил Френкеля перевести его обзорный доклад по квантовой теории металлов. Яков Ильич, конечно, согласился. Он сам был прекрасно осведомлен о работах Зоммерфельда и других ученых в этой области. Переводя доклад, Френкель комментировал некоторые мысли Зоммерфельда и писал формулы, поясняя ход рассуждения и упрощая более сложные математические выражения, представляемые докладчиком. После окончания доклада Зоммерфельд горячо поблагодарил Френкеля и, указывая на формулы, написанные на доске, добавил: «Я сам узнал много полезного для себя, чего ранее и не подозревал».

Направляясь из Берлина на конгресс в маленький городок в северной Италии, Комо, Френкель побывал проездом в «вечном городе» Риме. Френкель несколько раз побывал на экскурсиях, устраивавшихся для делегатов конгресса, но он решительно отказался пойти на прием, устроенный диктатором Муссолини для участников конгресса. Френкель также категорически отказался отправиться на прием к губернатору Рима и не присутствовал на аудиенции, которую дал папа Пий XI делегатам конгресса.

В 1930 г. Френкель приехал в США, куда он был приглашен в качестве «гостевого профессора» Миннеаполисского университета. В этот период Яков Ильич читал лекции в американских университетах, знакомился с научно-исследовательскими физическими институтами и участвовал в научных конференциях нескольких штатов.

Многие исследования Френкеля быстро завоевывали широкое признание. Кроме электронной теории металлов, теории жидких тел и других, мировую известность получили «экситоны Френкеля» и его работы по теории ядра, выполненные в 30-х годах.

Экситоны, статистическая модель ядра, капельное деление тяжелых ядер могут служить яркими примерами научного творчества Френкеля. Конечно, этого недостаточно для того, чтобы дать представление о широком круге выполненных им работ в различных областях теоретической физики.

### *Значение открытий*

Френкель – один из выдающихся основателей советской теоретической физики. Своими работами он внес ценный вклад в советскую и мировую науку и содействовал успехам современной теоретической физики.

Френкель как физик-теоретик с самого начала вступления на путь ученого заинтересовался теми проблемами, которые были наиболее актуальными для науки его времени и, вероятно, всего века. Многие из них до сих пор не утратили своей актуальности и еще не решены полностью.

К началу нашего века исследования электричества и электромагнетизма, оптических явлений, газовой динамики заложили основу для возникновения новых идей в области молекулярного строения вещества, в частности строения твердого тела и жидкостей, оптических и электрических явлений, происходящих в веществе.

Эти области привлекли внимание Френкеля благодаря тому, что казались сложными и даже недоступными для физика-экспериментатора, в то время как было очевидно, что они призваны сыграть первостепенную роль в развитии физики. Речь идет не только о том, что исследователи не обладали необходимыми средствами для экспериментирования, но и не существовало квантовой механики, с помощью которой позднее ученые разрешили многие сложные проблемы вещества.

Теоретические работы Френкеля объясняли многие физические процессы в свете квантово-механических идей, разработанных после Бора многими учеными, в том числе Полем Дираком и Максом Борном, у которого Френкель работал в Геттингене, Луи де Бройлем, Эрвином Шредингером и Вернером Гейзенбергом. Эти процессы не могли быть удовлетворительно объяснены с помощью классической ньютоновой механики.

В начале Великой Отечественной войны в крайне суровых условиях жизни Френкель продолжал вести научную работу в институте, совмещая ее с чтением лекций студентам Казанского университета. Он также выезжал в командировки в высшие учебные заведения и научно-исследовательские институты других городов для чтения лекций и консультаций.

За лето и осень трудного 1943 г. Яков Ильич написал одну из выдающихся своих монографий «Кинетическая теория жидкостей». Академик И.Е. Тамм писал, имея в виду эту работу, что в истории науки редко встречаются примеры, когда физик излагал бы столь обширную область науки, основываясь в такой степени на собственных идеях и работах. Этот труд Я.И. Френкеля был отмечен Государственной премией первой степени.

После продолжительной болезни в ночь на 23 января 1952 г. Я.И. Френкель скончался.

Когда умер Френкель, в научных журналах по физике рядом с некрологами о нем оказались и его научные статьи. Они были напечатаны отнюдь не в связи со смертью ученого. Нет, просто подошла их очередь для опубликования.

Спустя много лет в 1961 г. Борн писал о Френкеле: «Френкель был моим сотрудником в Геттингене в 20-х годах, и я высоко ценил его. Он был буквально заполнен идеями и вместе с тем превосходно владел всей техникой, они всегда были плодотворными. Я с большим интересом знакомился с его последующими статьями и книгами. Его ранняя смерть причинила мне большое огорчение».





### КАЛВИН ФУЛЛЕР, ДЭРИЛ ЧАПИН, ДЖЕРАЛЬД ПИРСОН

Калвин Фуллер (англ. *Calvin Souther Fuller*) (родился 25 мая 1902 г. – скончался 28 октября 1994 г.) был физико-химиком в «AT & T Bell Laboratories», где работал в течение 37 лет с 1930 по 1967 г. Он участвовал в разработке синтетического каучука во время Второй мировой войны, был вовлечен в проведение экспериментов по зонной плавке, а также принял участие в работе по созданию первых солнечных батарей с высокой эффективностью.

В 1954 г. Джеральд Пирсон, Дэрил Чапин и Калвин Фуллер изобрели первые солнечные батареи и разработали первые практичные кремниевые солнечные элементы, такие как в калькуляторах и пультах дистанционного управления.

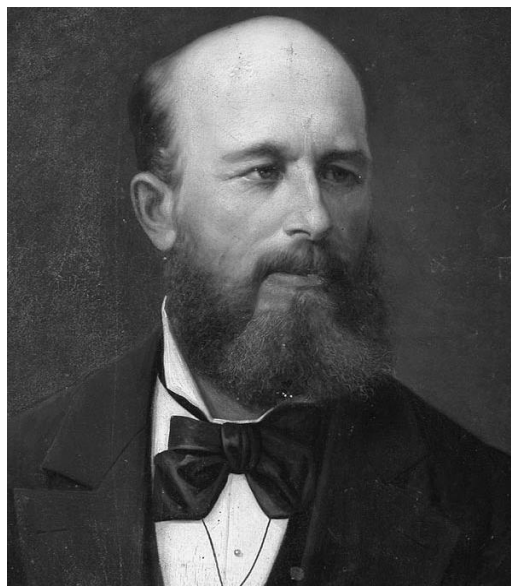
Джеральд Пирсон (англ. *Gerald Pearson*) (родился 31 марта 1905 г. – скончался 25 октября 1987 г.) – американский физик, член Национальной академии наук, исследовал процессы в фотоэлементах, транзисторах, диодах, шумы в электронных лампах и резисторах, контактную эрозию; получил медаль М. Смолуховского. В 1929 г. окончил Станфордский университет. В 1929–1960 гг. работал в компании «Bell Labs» (США), в 1957–1960 гг. – руководитель отдела прикладной физики твердого тела, в 1960–1971 гг. – профессор Станфордского университета. Его работы посвящены физике твердого тела, физике полупроводников, твердотельной электронике.

Дэрил Чапин (англ. *Daryl Chapin*) (родился 21 июля 1906 г. – скончался 19 января 1995 г.) – изобретатель. Наиболее известен как один из создателей кремниевый солнечных ячеек. Чапин был ученым в течение более 40 лет и продолжал изобретать вплоть до своей смерти.

Фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии, который ученые называют наиболее перспективным в долгосрочном развитии мировой энергетики, на самом деле довольно стар, просто сегодня он получил новый импульс. Многие из нас не подозревают, что способ получения электроэнергии из солнечного света известен около 130 лет. Явление фотоэффекта впервые наблюдал Эдмон Беккерель в 1839 г. Это случайное открытие оставалось незамеченным вплоть до 1873 г., когда Уиллоуби Смит обнаружил подобный эффект при облучении светом селеновой пластины. И хотя его первые опыты были далеко не совершенны, они знаменовали собой начало истории полупроводниковых солнечных элементов. В поисках новых источников энергии в лаборатории Белла был изобретен кремниевый солнечный элемент, который стал предшественником современных солнечных фотопреобразователей. Первая научная работа по селеновому фотоэлементу была опубликована в 1876 г. в Британии. Лишь в начале 50-х годов XX в. солнечный элемент достиг относительно высокой степени совершенства.

*Солнечная батарея – батарея солнечных элементов, полупроводниковый фотоэлектрический генератор, непосредственно преобразующий энергию солнечной радиации в электрическую.* Действие солнечных элементов основано на использовании явления внутреннего фотоэффекта. Первые солнечные элементы с практически приемлемым КПД преобразования (~6 %) были разработаны Г. Пирсоном, К. Фуллером и Д. Чапиным (США) в 1953–1954 гг. Большой вклад в развитие теории и практики солнечных элементов внесли также В.С. Вавилов, А.П. Ландсман, Н.С. Лидоренко, В.К. Субашиев (СССР); М. Вольф, Дж. Лоферский, М. Принс, П. Рапопорт (США). Ученые из компании «Bell Labs» разработали солнечную батарею, состоящую из кремниевых элементов. Батарея преобразовывала в полезную энергию (электрический ток) только 6 % солнечного света. Изобретение стало возможным благодаря исследованиям Рассела Ола (англ. *Russell Ohl*).

Главное применение солнечные батареи нашли в космонавтике, где они занимают доминирующее положение среди других источников автономного энергоснабжения.



### **АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ БУТЛЕРОВ**

Знаменитейший русский химик и видный общественный деятель Александр Михайлович Бутлеров (родился 25 августа 1828 г. (г. Чистополь Казанская губерния) – скончался 5 августа 1886 г. (село Бутлеровка, Спасский уезд)) первоначальное воспитание получил в г. Казани, сперва в частном пансионе Топорнина, затем в 1-й местной гимназии. В 1844 г. он поступил в Казанский университет на естественный разряд физико-математического факультета, где в 1849 г. и окончил курс со степенью кандидата; в следующем году Бутлерову было поручено чтение университетских лекций по физике и физической географии для медиков и неорганической химии для натуралистов и математиков. В 1851 г. он получил степень магистра химии. Докторскую степень Бутлеров получил в начале 1854 г. в Московском университете и по возвращении в Казань был избран экстраординарным, а в 1858 г. утвержден в звании ординарного профессора.

В начале 1868 г. Бутлерова пригласили, по инициативе профессора Д.И. Менделеева, в Петербургский университет, где с февраля 1869 г. он начал чтение лекций, а в 1870 г. устроил в университете отделение химической лаборатории для специальных работ по органической химии.

Вскоре после перехода в Петербург Бутлеров (в начале 1870 г.) был избран членом Императорской академии наук и заведовал (сначала вместе с Зининым, а затем один) академической химической лабораторией.

Александр Михайлович Бутлеров – создатель теории химического строения органических веществ, лежащей в основе современной химии. В 1861 г. впервые выступил с сообщением «О химическом строении веществ», в котором:

а) показал ограниченность существовавших теорий строения в химии;

б) подчеркнул основополагающее значение теории атомности;

в) дал определение понятию химического строения как распределения принадлежащих атомам сил сродства, вследствие которых образуются химические связи различной прочности;

г) впервые обратил внимание на то, что различная реакционная способность разных соединений объясняется «большей или меньшей энергией», с которой связываются атомы (т.е. энергией связей), а также полным или неполным потреблением единиц сродства при образовании связи (в углекислом газе – полное, в оксиде углерода – неполное). Обосновал идею о взаимном влиянии атомов в молекуле. Предсказал и объяснил (1864 г.) изомерию многих органических соединений (двух изомерных бутанов, трех пентанов и различных спиртов до амиловых включительно). Провел большое число экспериментов, подтверждающих выдвинутую им теорию: синтезировал и установил строение третичного бутилового спирта (1864 г.), изобутана (1866 г.) и изобутилена (1867 г.), выяснил структуру ряда этиленовых углеводородов и осуществил их полимеризацию.



### **ДМИИТРИЙ ИВАНОВИЧ МЕНДЕЛЕЕВ**

Дмитрий Иванович Менделеев (родился 27 января (февраля) 1834 г. (г. Тобольск) – скончался 20 января (2 февраля) 1907 г. (г. Санкт-Петербург; Российская империя)) – русский учёный-энциклопедист: химик, физикохимик, физик, метролог, экономист, технолог, геолог, метеоролог, педагог, воздухоплаватель, приборостроитель и истинный патриот России.

Изобрел и внедрил в 1893 г. на Бондюжском заводе Елабужского уезда (сегодня г. Менделеевск, РТ РФ) новый вид бездымного пороха – пироколлодий, который был лучше пироксилина, изобретенного во Франции в 1832 г.

Д.И. Менделеев писал в морское министерство России: «Мне кажется... , что пироколлодийный порох ... так или иначе проникнет на Запад, и его ученые проведут этот совершеннейший порох в жизнь, прибавляя новую славу к своим именам, и заставят нас принять то, что делается теперь в самой России». К сожалению, Д.И. Менделеев оказался прав, чиновники невзлюбили его потому, что он не желал преклоняться перед Западом да еще уверял их и военных, что «французский порох никуда не годен». Итог: свое производство бездымного пороха в России не стали развивать, а передали его производство фирмам в Германии. В результате, производство пироколлодия в России свернули. В 1914 г. во время войны с Германией несколько тысяч тонн разработанного Менделеевым пироколлодия для России были вынуждены заказывать в Америке.

Среди наиболее известных открытий Д.И. Менделеева – Периодическая система элементов (атомов) и одноименный закон, один из фундаментальных законов Мироздания, положивший формулировку первой физико-химической материаловедческой парадигмы «химический состав – свойства веществ» (*Прим. О.С. Сироткина*).



**ЛЕО ХЕНДРИК БАКЕЛАНД**

Лео Хендрик Бакеланд (англ. *Leo Hendrik Baekeland*) (родился 14 ноября 1863 г. (Гент, Бельгия) – скончался 23 февраля 1944 г. (Бикон, штат Нью-Йорк; США)) – американский химик и изобретатель

бельгийского происхождения, изобрёл фотобумагу (1893 г.) и бакелит (1907 г.) – недорогую, негорючую пластмассу универсального применения.

Семья Лео Бакеланда жила очень скромно. Отец Карел работал сапожником, и молодой Лео также осваивал это ремесло. Отец был резко против его дальнейшего обучения, но мать Розалия, работавшая служанкой, всегда считала сына очень способным (по крайней мере, если верить книге Гарольда Эванса «Они создали Америку»). Розалия добилась стипендии для обучения сына в правительственной школе, где он впоследствии достиг больших успехов. Детское увлечение фотографией привело Лео к изучению химии. Он с отличием окончил Университет Гента, учась под руководством профессора Теодора Свартса. После недолгого учительствования в школе Лео Бакеланд возвращается в свою альма-матер, чтобы продолжить исследовательскую и преподавательскую работу.

В Бельгии Лео Бакеланд был «восходящей звездой», но он никогда не сожалел о том, что покинул родную землю, отказавшись от столь почетного «титула». Все свои знаменитые открытия он сделал в США.

В Генте Лео Бакеланда ожидала бы спокойная работа и стабильная финансовая поддержка. Но в Америке прогрессивные идеи прикладной науки и торговли служили экономическому процветанию, развивая дух соперничества. И Нью-Йорк был его эпицентром. «Он чувствовал, что атмосфера Нью-Йорка больше соответствует его образу мыслей и его светлым мечтам создать что-то необыкновенное», – вспоминает Хью Карракер, правнук Лео Бакеланда. Карракер, живущий в Коннектикуте, посвятил себя популяризации достижений Лео Бакеланда в год 100-летнего юбилея открытого им бакелита.

Повинуясь своей любви к фотографии, Лео Бакеланд начал работать химиком на предприятии фотопромышленности. Десять лет спустя он стал партнером в компании, которая разработала фотобумагу «*Velox*». В 1899 г. Джордж Истмэн, чья корпорация «*Eastman Kodak*» «доносила» разработки в области фотографии до населения, выкупил «*Velox*» за 1 млн долларов.

Едва достигнув 36-летнего возраста, Лео Бакеланд уже был миллионером. Он с семьей переехал в имение Снаг Рок в Йонкере с видом на Гудзон. Лео Бакеланду можно было больше и не утруждать себя работой, но, по словам его правнука, знаменитый химик и не думал о том, чтобы так рано выйти на пенсию. Заработанные деньги он направлял на финансирование независимых исследований в области химических реакций между фенолами и формальдегидами, которыми занимался еще в Гентском университете.

Лео Бакеланд был не из тех, кто довольствуется тем, что имеет. Неутомимый исследователь, он подвергал сомнению все истины, не останавливаясь в своем поиске замены шеллаку.

Великий химик не любил жизнь высшего общества. «Он всю жизнь боролся с пагубным влиянием денег, презирая все проявления роскоши». «Он считал всех богачей бездельниками и не хотел ни в коем случае разделять их судьбу. У Лео Бакеланда было совершенно однозначное отношение к тем, кто придает слишком большое значение деньгам», – говорит Карракер.

В далеком 1907 г. американский химик Лео Бакеланд разработал бакелит – материал на основе фенольных смол, ставший первым в истории синтетическим пластиком. В результате получилась особая смола, которая пропитывала волокнистый наполнитель, быстро затвердевала и принимала нужную форму. Бакелит не кипел, не горел, не плавился и не изменялся под воздействием кислот или растворителей, что и сделало его лучшим из всех придуманных до этого «пластиков». *Бакелит стал первым в мире терморезистивным пластиком, который сохранял форму при любых обстоятельствах.* Известные прежде целлулоидные изделия были нестабильны и могли переплавляться множество раз. К тому же бакелит обладал хорошей электроизоляцией, был химически стабильным, жаростойким, его форма и цвет не изменялись под влиянием солнечных лучей, морской соли.

Фенольная смола сначала использовалась как легко формующийся высококачественный изолятор, защищающий от воздействия высоких температур и электрического тока, а затем стала главным материалом стиля *Art Deco*.

Фенолоформальдегидная смола – первая синтетическая пластмасса, «рожденная из тайны и огня», как написал о ней журнал «*Time*». Лео Бакеланд подал заявку на свой знаменитый патент «тепла и давления» 13 июля 1907 г. и получил его в США 7 декабря 1909 г. Практически сразу материал стал сенсацией. Он появился как раз в тот момент, когда электрическая и автомобильная промышленности только зарождались. Производители искали изолирующий материал, который бы легко формовался и стоил недорого. Железные дороги, телефонная связь, авиация, фотография – все области требовали прочного высококачественного материала, который не мог быть изготовлен из имеющегося на тот момент сырья.

Первый коммерческий продукт, полученный методом прессования бакелита, – торцы каркаса катушки высокого напряжения – был произведен «*Boonton Rubber Corporation*».

Устойчивый к температурным воздействиям, влажности и кислотам, бакелит был практически неразрушим. Постепенно он заменил изоляторы из резины, шеллака и гуттаперчи. Вскоре его стали использовать в тостерах, кофемашинах, фенах для волос, электрических утюгах, пылесосах, ламповых патронах, наушниках и т.д. Что касается автоматики, то здесь самым значительным стало применение бакелита в крышках распределителей и радиаторов, приборных панелях, дверных ручках и классических штурвалах управления для эксплуатации в тяжелых условиях, сформованных из белого и коричневого бакелита.

Фенолоформальдегидная смола привнесла «стильность» в дизайн радио и ручек Паркер – предметов, представляющих сегодня большую ценность для коллекционеров.

Однако бакелит не был первой пластмассой. В зависимости от трактовки слова, пластмассой могут быть названы и кости животных, поскольку в размягченном виде им можно придать любую форму. С середины 1880-х годов некоторые компании стали использовать прессы плунжерного типа, чтобы формовать шеллак и гуттаперчу в пуговицы, расчески, ювелирные украшения и сувениры. К 1907 г. нитрат целлюлозы уже значительно устарел. Англичанин Александр Паркес получил первый патент на материал, названный парксином, между 1855 и 1865 гг., если верить книге «История пластмасс США» Гарри Дюбуа. В 1870 г. американский изобретатель Джон Уэсли Хайатт запатентовал целлулоид. Парксин быстро вышел из применения, и целлулоид занял его место.

Но, в отличие от целлулоида, бакелит не горел и не плавился, а ацетилцеллюлоза (как более безопасная альтернатива) к тому моменту еще не появилась на рынке. Кроме того, бакелит был термореактивным пластиком, однажды приняв определенную форму, он не мог быть снова расплавлен. Это сделало его износостойким материалом, отлично подходящим на роль изолятора. Муфты магнето из бакелита и другие детали позволили разработать современную систему зажигания «Делко», оставив в далеком прошлом механизм ручного завода.

Оба первых термопластических пластика (нитроцеллюлоза и ацетатцеллюлоза) считались полусинтетическими или «натуральными» пластмассами, поскольку в их состав входили натуральные материалы – древесная целлюлоза или хлопок, модифицированные кислотами. А бакелит был на 100 % синтетическим.

Интереснейшим и ценнейшим свойством бакелита является то, что он может быть получен в трех различных видах (в зависимости от степени конденсации). Эти виды бакелита обозначали «А», «В» и «С».



Бакелит «А» – начальный продукт конденсации. При обыкновенной температуре сохраняется в жидком, легко подвижном, вязком, тестообразном или твердом виде. Твердый бакелит «А» при нормальной температуре хрупок, как канифоль, растворим в алкоголе, ацетоне, глицерине, феноле и в натровом щелоке, причем смешивается с этими веществами во всех пропорциях. Если осторожно (при слабом нагревании) плавить твердый продукт, то он, охлаждаясь, снова превращается в твердый продукт, при этом сохраняя способность растворяться в перечисленных выше растворителях. Бакелит «А» имеет окраску от бесцветной до желтой. Если нагревать бакелит «А» сильнее, то он переходит в бакелит «В», который является промежуточным продуктом для получения неплавкого и нерастворимого продукта.

Бакелит «В» при обыкновенных условиях тверд и хрупок, но несколько более прочен, чем твердый бакелит «А». Отличается от бакелита «А» тем, что в указанных выше растворителях не растворяется – в ацетоне, феноле и терпенеоле лишь разбухает. При нагревании не плавится, но сильно размягчается, превращаясь в резиноподобную пластическую массу, которая при охлаждении становится снова твердой и хрупкой. В нагретых формах эта масса находится в пластичном состоянии, при дальнейшем нагревании в определенных условиях она снова твердеет, причем достигает конечной степени конденсации, давая неплавкий и нерастворимый продукт – бакелит «С».

Бакелит «С» – конечный продукт конденсации, неплавкий, нерастворимый во всех растворителях. Если первичный продукт конденсации нагреть до 100 °С, то произойдет бурная реакция с выделением газообразных продуктов, и получаемый бакелит «С» будет преобразован в виде губчатой или пузырчатой массы и, следовательно, для многих технических целей не годен. Поэтому нагревание нужно производить осторожно. Обыкновенно полученный бакелит «А» в твердом виде растирают в порошок и смешивают с соответствующими наполняющими веществами, формуют в обогреваемых гидравлических прессах.

Наполняющими веществами могут служить древесные опилки, слюда, графит, песок, асбест и вообще разные волокнистые материалы, а также ламповая сажа, пигменты, краски, минеральные материалы, пемза и т.п. Наполнители уменьшали усадку бакелита и возможность появления трещин. Особенно ценные свойства приобретают бакелитовые композиции с волокнистыми материалами. Кроме того, волокнистые материалы можно пропитывать жидким бакелитом «А», причем бакелит связывается с ними, а не остается на их поверхности, как это бывает с резиной или целлулоидом, вследствие чего получают композиции более прочные.

Композиции с порошковатыми наполнителями гораздо труднее пропитываются жидким бакелитом и поэтому более хрупки. Наполняющие вещества могут быть прибавлены в количестве от 60 до 80 %. Прессовка происходит в железных формах под гидравлическим прессом, причем температуру форм повышают до 160–180 °С. Бакелит «А» при тщательном заполнении формы совершенно сцепляется с наполняющими веществами и под действием тепла переходит в бакелит «В». Этот продукт хорошо заполняет форму и перестает быть плавким. Отформованные куски бакелита «В» под действием теплоты можно перевести в бакелит «С». Переход производится без форм. Если нагревание производить в обычных условиях, то в бакелите образуется множество пузырьков. Во избежание образования пузырей, отформованные куски помещают в особый прибор, называемый «бакелизатором», т.е. в автоклав, в котором создается повышенное давление подведением сжатого воздуха или углекислоты. Можно также нагревать бакелитовую массу в герметически закрытом сосуде, в котором давление образуется само собой.

### *Лучше, чем «жучки»*

Конечно, в своем поиске лучшего изолятора Лео Бакеланд был не одинок. Использование шеллака являло собой одну из самых насущных тем в химических исследованиях на стыке двух столетий. Единственным источником шеллака были экскременты женской особи лакового червеца, распространенного только в Индии и Юго-Западной Азии.

Другие исследователи также работали над смешиванием фенола и формальдегида, приводившим к появлению клейкого полиэфира, наполненного стекловолокном. Изначально целью Лео Бакеланда было найти замену шеллаку.

На протяжении нескольких лет, когда на горизонте уже забрезжил грядущий XX в., Лео Бакеланд методически записывал результаты своих опытов с бесчисленными комбинациями различных условий – добавлением растворителей, агентов и наполнителей, изменением уровня тепла и давления. Снова и снова его попытки заканчивались неудачами. Наконец он обнаружил, что повышение температуры ускоряет скорость химической реакции, а давление сдерживает ее. В своем дневнике он записал, что материал, созданный им, «нерастворим во всех растворителях и не размягчается». Он дал веществу имя, которое может понравиться только химику: оксibenзилметилengликольангидрид. К счастью, в его записях встречается и более благозвучное, уже известное нам название – «бакелит». Вскоре о бакелите узнали миллионы людей по всему миру.

Для изготовления материала Лео Бакеланд разработал яйцевидный сосуд высокого давления, названный им «бакелайзером» и прозванный работниками «старым другом», с помощью которого мог изменять температуру и давление, контролировать химическую реакцию (рис. 7). Сейчас бакелайзер хранится в Национальном музее американской истории Смитсоновского института в Вашингтоне. Применение этого аппарата обеспечило создание экономичного метода изготовления прессованных изделий.



Рис. 7. Лео Бакеланд за работой на «бакелайзере»

«Старый друг» был установлен в гараже Бакеланда, прилегающем к лаборатории. «После того как в лаборатории случился серьезный пожар, доктор решил, пусть лучше он потеряет гараж, чем лабораторию», – рассказывал один из его ассистентов, Лоуренс Бик, чьи слова приводятся в книге «История пластмасс США».

Вот так в 1909 г. и был получен первый бакелит для коммерческого использования.

Благодаря своей методичной, усердной работе по поиску подходящей комбинации в 1916 г. Бакеланд был удостоен высшей награды в области прикладной химии – медали Перкина – спустя два года после того, как эту же награду получил Хьятт.

Как рассказывается в «Истории пластмасс США», вручая медаль счастливому обладателю, С.Ф. Чэндлер произнес следующее: «Когда в обычных условиях фенол взаимодействует с формальдегидом, в результате может получиться что угодно, только не бакелит».

### *Новая бизнес-модель*

Лео Бакеланд представил свое изобретение общественности 5 февраля 1909 г., выступая перед нью-йоркским подразделением Американского химического общества. Его изначальным планом была продажа лицензий компаниям, желающим производить бакелит. Лео Бакеланд строил фабрики в Европе и Японии, выдавал лицензии на производство бакелита, постепенно распространяя его по всему миру.

К сожалению, зарубежные производители наделали слишком много ошибок, так что к 1910 г. Лео Бакеланд открыл собственную фабрику, «*General Bakelite Corporation*» в Перт Амбой (Нью-Джерси).

Поскольку бакелит был совершенно новым изобретением, «*General Bakelite Corporation*» выпустила серию бюллетеней, объясняющих потребителям его сущность и значение: «Это не просто «смесь» или так называемый «компаунд», как большинство смоляных композитов, например, резина или шеллак, но самостоятельное химическое вещество, обладающее специфическими свойствами и являющееся важным членом семейства пластмасс».

Фенолформальдегидная смола может быть получена из порошка методом прессования в форме или спрессована в преформу, а затем отлита под давлением. Компания также производила жидкие смолы.

Большую важность имело получение патента на использование бакелита вместо шеллака в шлифовальных кругах. Это дало толчок массовому производству автомобилей.

Бизнес местных переработчиков набирал обороты. Некоторые компании, такие как «*Chicago Molded Products Corporation*» и «*General Industries Corporation*» из Охио, превратились в большие корпорации, начав производить автомобильные сигнальные кнопки из бакелита методом прессования в формах.

«*Kurz-Kasch Incorporation*», основанная в Дайтоне, Охио, в 1916 г., продолжает оставаться одним из ведущих переработчиков терморезистивного пластика методом формования. Первым продуктом, выпущенным компанией, стали бутылочные крышки.

В 20-х и 30-х годах США переживала «радиоманию». Бакелит пришел в миллионы домов как компонент радиоприемников, став своеобразным символом современной жизни.

«*General Bakelite Corporation*» в тесном сотрудничестве с конструкторами-проектировщиками работала над продвижением пластика на рынке. Свои плоды принесло размещение серии рекламных

объявлений о том, как использование бакелита и внедрение современных дизайнерских разработок может вывести страну из Великой депрессии.

В 1924 г. Лео Бакеланд появился на обложке журнала «*Time*». В статье говорилось следующее: «Те, кто имеет представление о возможностях бакелита, утверждают, что через несколько лет он будет использоваться в любом производственном оборудовании». С терморезактивной фенолоальдегидной смолой этого не случилось. Однако журналист «*Time*» не мог предвидеть взрыва популярности термопластмасс, ставших использоваться повсеместно после 1952 г., когда Вильям Виллерт изобрел машину для литья под давлением с возвратно-поступательным ходом шнека, заменившую старое поршневое оборудование.

Сегодня безусловным лидером отрасли являются термопластичные пластмассы, или термопластмассы. Терморезактивный пластик – лишь небольшой сегмент этого рынка.

Бакелит до сих пор используется в таких «классических» областях, как автомобильная и электрическая продукция и, по словам Харпа, в космических «челноках».

«*Sumitomo Bakelite Corporation. Limited*», японский производитель фенолоальдегидных смол, не употребляет в обозначении своих материалов торговую марку «Бакелит», однако остается верным нескольким известным названиям – «*Durez*», «*Vyncolit*» и «*Rogers*».

Терморезактивный пластик, возможно, переживает не лучшие времена. Однако в год 100-летия фенолформальдегидных смол производители оглядываются назад, в те дни, когда терморезактивные пластмассы были на высоте.

«Именно Лео Бакеланд является «основателем» индустрии синтетических пластмасс, и 100 лет спустя мы продолжаем совершенствовать продукты, основываясь на разработках великого химика», – говорит Курт Своггер, вице-президент бизнес-подразделения «*Dow Chemical Corporation*», который выкупил «*Union Carbide*» в 1999 г.

### ***Бакелит в России***

В России также велись работы по созданию пластических масс на основе фенола и формальдегида, в частности, в лаборатории на шелкоткацкой фабрике в деревне Дубровка, в окрестностях Орехово-Зуево. В 1914 г. группа химиков: В.И. Лисев, Г.С. Петров, и К.И. Тарасов – синтезировала карболит, российский аналог бакелита. Свое название

карболит получил от слов «карболовая кислота», другого названия фенола. Для продвижения нового изобретения в России и за границей 6 октября 1915 г. был основан торговый дом «Васильев и К». 26 октября 1916 г. Московское губернское правление выдало торговому дому свидетельство о том, что ему разрешается содержание завода для выработки диэлектрического материала под названием «карболит». Был учрежден завод в Московской губернии, Богородском уезде, 3-м стане Зуевской волости при селе Крестовоздвиженском. Завод, который существует и поныне, получил название «Карболит». В 1919 г. завод был национализирован, а в 1931 г. включен в объединение «Союзхимпластмасс». В настоящее время фенолоформальдегидные смолы и пластмассы на их основе выпускаются на многих отечественных химических заводах.

### *Применение*

Бакелит по целому ряду свойств пластмассы на основе фенолоформальдегидной смолы и сейчас остается непревзойденным материалом. С применением данных материалов изготавливали и изготавливают:

- детали для широкого ряда продукции в машиностроении;
- ступени для эскалаторов в метро, ручки для инструментов;
- абразивные инструменты, тормозные колодки для вагонов метрополитена;
- электротехнические изделия: вилки, розетки, выключатели, электросчетчики, электроутюги, корпуса электродвигателей, реле и магнитные пускатели, клеммные коробки;
- корпуса различных аппаратов: телефонов, радиоприемников, детали элементов электронной аппаратуры – радиоламп, электронно-лучевых трубок, конденсаторов;
- детали оружия и военной техники;
- элементы кухонных принадлежностей: ручки для ножей, сковородок, кастрюль и чайников, газовых плит;
- фанеру и древесно-стружечные плиты (связующий материал); детали мебели и мебельную фурнитуру;
- материал для изготовления печатных плат – гетинакс;
- текстолит;
- шашки, шахматы, домино и другие игры;
- сувениры, канцтовары, бижутерию, часы;
- клеи и лаки: клей БФ или бакелито-фенольный и т.д.

Так как все эти пластические материалы изготовлены на основе фенолоформальдегидной смолы, впоследствии они получили название – фенопласты.

Бакелит не был первой в мире пластмассой, но он был первой «настоящей» пластмассой, первым по-настоящему синтетическим материалом. Молекулы бакелита в «естественном виде» в природе не существуют, это результат работы химиков.



### **ОТТО ГЕОРГ ВИЛЬГЕЛЬМ БАЙЕР**

Отто Георг Вильгельм Байер (нем. *Otto Georg Wilhelm Bayer*) (родился 4 ноября 1902 г. (Франкфурт-на-Майне; Германия) скончался в 1982 г.) – немецкий химик-технолог и промышленник.

Несмотря на то что Отто Байер не принадлежал по родству к семье, которая основала группу «Байер», он много сделал для развития этой крупнейшей химической компании. Увлечаться химией Отто начал в родном городе, там во время обучения во Франкфуртском университете он попал в руки знаменитого химика Юлиуса фон Брауна, который увидел в юном студенте дарование, помог ему развиваться и оформиться в зрелого ученого. Альма-матер Отто Байер покинул в 1925 г. со степенью доктора. По окончании университета доктор Байер два года проработал на заводе красителей «Cassella» компании «I.G. Farbenindustrie», куда устроился по протекции все того же Юлиуса фон Брауна.

После того как Байер опубликовал свои первые научные достижения в области кубовых и сернистых красителей, а также светостойких красящих веществ, ему в 1931 г. неожиданно предложили место в администрации отдела.

А всего через два года в его карьере произошли очередные неожиданные, но очень важные изменения. Его перевели в Леверкузен, в компанию Байер, где он возглавил центральную научную лабораторию. И хотя Отто Байеру было в то время всего 32 года и он был самым молодым членом команды, его имя очень скоро стало известным.

В Леверкузене ему пришлось столкнуться с совершенно новыми областями исследований, такими как химия резин, фармацевтика и защита урожая. Но величайшим достижением Отто Байера стало открытие химии полиуретанов. Он открыл принцип ступенчатой полимеризации с использованием диизоцианатов, хотя ближайшие коллеги в первое время очень скептически относились к его исследованиям. Несмотря на то, что получение макромолекулярных структур уже считалось перспективным направлением, основная идея Байера, заключающаяся в смешении малых количеств химических веществ с целью получения сухих пенистых материалов, казалась нереальной. Однако после преодоления ряда технических сложностей Байеру удалось синтезировать полиуретановую пену. Прошло еще 10 лет исследований и разработок до того момента, как на основе его изобретения удалось наладить процесс производства полиуретановых материалов.

Впервые Отто Байер с сотрудниками получил полиуретаны и наладил их промышленное производство в 1937 г. Промышленное производство пенополиуретанов на основе сложных полиэфиров было организовано в Германии в 1944 г., а их аналогов на основе более дешевых простых полиэфиров – в США в 1957 г.

В настоящее время к полиуретанам относят обширный класс полимеров, зачастую сильно отличающихся химической природой, строением цепи и свойствами, но неизменно содержащих уретановые группы  $-\text{NHCOO}-$ . Иногда с целью уточнения названия из-за наличия наряду с уретановой других функциональных групп употребляют такие термины, как полиуретаны сложноэфирного типа, полиуретаны на основе простых олигоэфиров, полимочевинуретаны. Хотя эти названия технически более точны, пользоваться ими неудобно, поэтому применяют термин «полиуретан», который объединяет все полимеры, содержащие уретановую группу.

Полиуретаны являются универсальным материалом: на основе полиуретанов изготавливают эластичные, полужесткие и жесткие материалы. Полиуретаны перерабатывают практически всеми существующими технологическими методами: экструзией, прессованием, литьем, заливкой. На их основе получают все известные типы материалов и изделий: наполненные, армированные, вспененные, ламинированные;



в виде плит, листов, блоков, профилей, волокон, пленок. Наконец, изделия и конструкции на основе полиуретанов используют во всех без исключения отраслях промышленности.

Полиуретаны широко применяются в производстве клеев, герметиков и покрытий. К последним относятся и алкидные лаки, отверждаемые изоцианатами, полиуретановые лаки и уретановые каучуки, использующиеся для дублирования тканей и других субстратов. Эти материалы отлично зарекомендовали себя во многих областях. Благодаря технологичности и исключительной долговечности, эти материалы все время находятся в поле зрения изготовителей изделий из полиуретановых материалов.

Возможности получения столь разнообразных материалов заложены в особенностях химического строения полиуретанов и неограниченных возможностях регулирования их структуры. Путем изменения степени сшивания теоретически можно получать полимеры с любыми физико-механическими свойствами, характерными для пластиков – от термопластичных до терморезистивных. Кроме того, физико-механические свойства этих полимеров можно изменять варьированием химических групп, находящихся между уретановыми звеньями. Это обычно приводит к более тонким изменениям физико-механических свойств.

Таким образом, теоретически путем изменения степени сшивания и комбинирования химических групп, находящихся между уретановыми звеньями в молекуле полимера, можно получить полимеры любой жесткости, причем возможности эти, по существу, не ограничены. Даже в простейших линейных полимерах всегда имеются два радикала, варьируя которыми можно придать полимерам различные свойства. Обычно используют разветвленные полимеры, в которых имеется не два, а три, четыре или более различных радикалов. Этим разнообразием свойств материалов на основе полиуретанов и объясняется их широкое применение в промышленности в настоящее время.

Отличительной особенностью полиуретанов является то обстоятельство, что в их разработку внесли вклад практически все промышленно развитые страны. Этот класс полимеров привлек внимание американских исследователей после Второй мировой войны.

В начале 30-х годов Уоллес Хьюм Карботерс провел исследования по синтезу полиамидов. На основании этих исследований в концерне «*I.G. Farbenindustrie*» (Германия) начались работы по созданию полимерных материалов, подобных полиаидам. В результате были изобретены новые полимеры – полиуретаны. В 1937 г. Байер с сотрудниками синтезировал полиуретановые эластомеры взаимо-

действием диизоцианатов с различными гидроксилсодержащими соединениями (полиолами). Затем на основе этих композиций они получили жесткие и эластичные пенополиуретаны. Работы того периода преследовали цель заменить полиуретанами такие стратегические материалы, как натуральный каучук, сталь, пробку. В 1945 г. в журналах «*Modern Plastics*» и «*Chemical and Engineering News*» появилась обзорная статья Г. Клайна и краткая заметка о методах их получения, областях применения и технико-экономических показателях. Вскоре после окончания войны было налажено их промышленное производство.

В 1945 г. военное ведомство США направило в Германию группу наблюдателей для изучения технических достижений в области пластических масс. Эта группа установила, что кроме линейных полимеров, получаемых из алифатических гликолей и диизоцианатов, большое значение при изготовлении пенопластов, покрытий и клеев приобрели материалы, полученные на основе диизоцианатов и некоторых сложных полиэфиров. Применение полиуретанов в авиационной промышленности оказалось наиболее интересным: пенопласты использовались в качестве среднего слоя в трехслойных конструкциях, в которых малый вес сочетается с высокой прочностью. Опыт применения таких конструкций показал, что пенопласты весьма вибростойки. В результате применения полиуретановых покрытий для плоскостей самолетов заметно увеличилась их скорость. Эти покрытия обладали хорошей водостойкостью и атмосферостойкостью, а также устойчивостью к действию жидкого топлива.

Фирмой «*Du Pont*» были опубликованы работы об исследовании диизоцианатов и методах получения некоторых полиуретановых пенопластов еще в 1946 г. В 1950 г. фирмами «*Du Pont*» и «*Monsanto*» было организовано производство в полупромышленном масштабе исходных материалов для диизоцианатов. О промышленном типе полиуретановых пенопластов эта фирма сообщила лишь в 1953 г. В результате успешного развития работ в этой области стало возможным на основе композиции полиэфир-диизоцианата получить пенопласт, затвердевающий в месте нанесения, который нашел широкое применение в промышленности.

К этому времени в Германии на основе диизоцианатов была создана мощная промышленность по производству полиуретанов. Ввиду большого спроса на эластичные полиуретановые пенопласты потребление ароматических диизоцианатов по сравнению с алифатическими увеличилось. Производство этих легких эластичных материалов было настолько усовершенствовано, что они начали широко применяться в быту и на

транспорте. Благодаря успехам, достигнутым в области промышленного применения различных полиуретанов в Германии, интерес к этим материалам в США значительно возрос.

В 1954 г. США закупили в Германии несколько установок для производства пенопластов. Таким образом, в результате больших успехов, достигнутых в Германии в области исследований и в промышленном производстве полиуретанов, оказалось возможным их проникновение в промышленность пластических масс США.

С того времени эта область химии полимеров развивалась бурными темпами. В нашей стране интенсивные исследования в этом направлении начаты в 60-х годах группой ученых из Института химии высокомолекулярных соединений АН УССР (Украинская Советская Социалистическая Республика) под руководством академика Ю.С. Липатова. Велись работы также в Институте высокомолекулярных соединений РАН, Институте химической физики РАН, Московском и Казанском химико-технологических институтах и других вузах и научно-исследовательских институтах. В результате проведенных исследований были созданы тысячи полиуретановых композиций и многочисленные технически ценные материалы на их основе.



### **УОЛЛЕС ХЬЮМ КАРОТЕРС**

Уоллес Хьюм Каротерс (англ. *Wallace Hume Carothers*) (родился 27 апреля 1896 г. (Берлингтон, штат Айова, США) – скончался 29 апреля 1937 г. (Уилмингтон, штат Делавэр; США)) – американский химик, изобретатель и ведущий химик-органик компании «DuPont». Открыл способ получения полимерного материала – нейлона.

У. Каротерс руководил экспериментальной лабораторией «*DuPont*». Большая часть исследований ученого по части полимеров была сделана именно там. Каротерс был блестящим химиком-органиком, который, помимо синтеза нейлона, также способствовал разработке способа получения неопрена.

Предки Уоллеса Каротерса по отцовской линии имели шотландские корни и жили в штате Пенсильвания. Они были земледельцами и ремесленниками. Его отец, Айра Хьюм Каротерс, подался в область коммерческого образования и в течение сорока пяти лет был преподавателем и вице-президентом в Столичном коммерческом колледже в городе Де-Мойн (штат Айова). Уоллес Хьюм Каротерс был первым ученым в семье. По материнской линии предки Уоллеса были шотландско-ирландского происхождения, они также занимались по большей части земледелием и ремеслом.

После окончания школы в сентябре 1915 г. Уоллес поступил в колледж Таркио в штате Миссури. Первоначально он предполагал заниматься английским языком, но затем перевелся на химическое отделение под влиянием его декана Артура Парди. Каротерс так преуспел в химии, что еще до окончания обучения начал ее преподавать. И когда Парди покинул колледж (его пригласили на должность декана химического факультета в Университете Южной Дакоты), Каротерсу пришлось вести занятия по химии у старших курсов. Уоллес окончил Таркио в 1920 г. в возрасте 24 лет со степенью бакалавра. Затем он поступил в университет штата Иллинойс с целью получения степени магистра, которой и был удостоен в 1921 г. под руководством профессора Карла Марвела.

В 1921–1922 гг. Каротерс преподавал химию в Университете Южной Дакоты. Именно здесь он начал свои самостоятельные исследования, результатом которых была публикация статьи в журнале «Американского химического общества».

Позже он вернулся в Иллинойсский университет для получения докторской степени под руководством Роджера Адамса. Он специализировался в области органической химии и отчасти – в области физической химии и математики. В 1924 г. за диссертацию на тему «Каталитическое восстановление альдегидов на оксиде платины («платиновая чернь») и изучение влияния активаторов и ингибиторов этого катализатора в процессах восстановления различных соединений» Каротерс получил степень доктора наук. В 1922–1923 гг. он был научным сотрудником, а в 1923–1924 гг. получил премию Кара (в то время она являлась самой престижной наградой этого университета).

После получения докторской степени ученый два года преподавал органическую химию в Иллинойском университете, а в 1926 г. перешел на ту же должность в Гарвардский университет. Джеймс Б. Конант, президент Гарварда в 1933 г., говорил о нем: «Для исследований доктора Каротерса характерна высокая степень оригинальности, она сохранилась на протяжении всей его дальнейшей работы. Он никогда не был приверженцем проторенного пути и не стремился принимать устоявшиеся подходы к объяснению тех или иных органических реакций. Его первые взгляды на реакцию полимеризации и структуру высокомолекулярных соединений зародились во время работы в Гарварде».

В 1927 г. руководство компании «*DuPont*» приняло решение начать фундаментальные, чисто научные исследования, не нацеленные конкретно на развитие бизнеса и производство новых коммерческих продуктов. Каротерса пригласили в Уилмингтон, чтобы предложить ему возглавить отделение органической химии при новой лаборатории в «*DuPont*». В 1929 г. он был избран помощником главного редактора журнала «Американское химическое общество» (*ASC – American Chemical Society*), в 1930 г. ученый становится редактором раздела «Органический синтез».

Решение оставить академическую деятельность было трудным для Каротерса. Сначала он отказался от предложения работать в «*DuPont*», пояснив, что «я страдаю расстройствами психики, которые могут представлять собой гораздо более серьезную проблему при работе в компании, чем в исследовательской деятельности». Несмотря на это признание, сотрудник «*DuPont*» Гамильтон Брэдшоу отправился в Гарвард с целью убедить Уоллеса изменить свое решение.

Позже в письме к приятелю по колледжу Уилкоу Мачетанзу (сосед по комнате в Таркио), Каротерс писал об усугублении своих депрессивных переживаний: «Даже сейчас, принимая во внимание все те преимущества, предложенные мне из чистого великодушия или по доброй воле, я нахожу себя неспособным делать даже некоторые тривиальные вещи, вроде решения простых бытовых проблем и человеческих отношений. Это происходит, по-видимому, из-за тупости или страха, или эгоизма и просто равнодушия и полного отсутствия чувств».

### *Неопрен*

Каротерс начал работать в лаборатории компании «*DuPont*» с 6 февраля 1928 г. Его главной целью был синтез полимеров с молекулярной массой более 4200, которая была достигнута Эмилом Фишером.

К лету 1928 г. Каротерс уже мог похвастаться небольшим штатом ученых-исследователей. Это были химики с докторской степенью и двое его консультантов – Роджер Адамс и Карл Марвел – его научные руководители по магистратуре и докторантуре из Иллинойского университета. Лаборатория, в которой работали эти ведущие ученые, стала известна как «Зал чистой науки» (*Purity Hall*). Однако до середины 1929 г. в «Зале чистой науки» не удалось создать полимера с весом значительно более 4000, как планировалось изначально.

В январе 1930 г. заместителем руководителя химического департамента компании и, соответственно, непосредственным начальником Каротерса стал доктор Элмер К. Болтон. Болтон высказал пожелание получить практические результаты в предстоящем 1930 г., и оно было выполнено. Он ориентировал Каротерса на изучение свойств ацетиленовых полимеров с целью создания синтетического каучука. В апреле 1930 г. один из сотрудников Каротерса, доктор Арнольд М. Коллинз, получил хлоропрен – жидкость, которая полимеризуется с образованием твердого материала, похожего на резину. Этот продукт был одним из первых синтетических каучуков и известен сегодня как неопрен.

### *Полиэфир*

В том же 1930 г. доктор Джулиан Хилл (еще один член команды Каротерса) вновь попытался получить полиэфир с молекулярной массой более 4000. Его усилия вскоре увенчались успехом: был создан синтетический полимер с молекулярной массой около 12000. Высокая молекулярная масса позволила расплавить полимер и вытянуть его в тонкие волокна. Таким образом, был создан первый синтетический шелк, названный химиками «полиэстер».

Синтез полиэфиров и полиамидов – пример поликонденсации, при которой происходит ступенчатое нарастание длины макромолекулы. Каротерс разработал теории поликонденсации и вывел уравнение, связывающее среднюю степень полимеризации и степень превращения («конверсии») мономера в полимер. Это уравнение показывает, что для получения полимеров с высокой молекулярной массой требуется высокая степень конверсии (относится это только к реакциям поликонденсации).

Еще одно синтетическое волокно, которое было упругим и прочным, Хилл создал путем сополимеризации гликолей и кислот при пониженном давлении. Этому продукту не суждено было стать коммерческим – помещенный в теплую воду, полимер вновь превращался в липкую массу. Каротерс бросил исследования полимеров на несколько лет.

В 1932 г. соглашение, по которому Каротерс был нанят в «*DuPont*», было изменено доктором Болтоном. «Зал чистой науки» теперь должен был сосредоточиться на «осуществлении работ, более тесно связанных с интересами компании». Это означало, что средства были перенаправлены от фундаментальных исследований к коммерческим. Каротерс никак не видел себя в качестве коммерческого исследователя. Он предположил, что вся исследовательская работа будет ограничена двумя-тремя предложениями, соответствующими интересам компании «*DuPont*».

### ***Полиамиды***

В 1934 г. Каротерс снова вернулся к волокнам. Теперь команда исследовала сополимеризацию замещенных аминов с гликолями с целью производства полимера под названием «полиамид». Эти вещества были более стабильными, чем полиэферы, из числа получаемых с помощью гликолей. Склонность полиамидов к повышенной кристалличности из-за водородных связей обуславливает полезные механические свойства. Поэтому из них можно производить искусственный шелк, удобный для повседневного использования. Его исследования привели к изобретению ряда новых полиамидов. Лабораторные работы по этому проекту были проведены докторами Петерсоном и Коффманом. Позднее для проведения исследований по этой теме был назначен доктор Джерард Берше.

Именно в этот плодотворный период исследований, летом 1934 г., подойдя вплотную к изобретению нейлона, Каротерс вдруг исчез. Он просто не пришел на работу, и никто не знал, где он находился. Он был найден в небольшой психиатрической клинике им. Пинель, недалеко от знаменитой клиники Фиппс, связанной с больницей Джона Хопкинса в Балтиморе. По-видимому, он был настолько подавлен, что поехал в Балтимор на консультацию к психиатру, который и направил его в клинику.

### ***Нейлон***

Вскоре после выхода из клиники, Каротерс вернулся на работу в «*DuPont*». Болтон поручил ему работать над полиамидами.

Работы ученого в области линейных полимеров с большой молекулярной массой начались как серьезный шаг в неизведанную

область, изначально без каких-либо практических целей. Компания считала, что исследования в этой новой области химии и любые прорывы в науке полимеров будут представлять ценность для «*DuPont*». В ходе исследований Уоллесом были получены некоторые полимеры с интересными свойствами, которые оставались высоковязкими даже при высоких температурах. Было отмечено, что из этих полимеров в расплавленном виде очень удобно тянутся нити. Все внимание проекта сместилось на новый материал, и вскоре был отработан способ получения нейлона.

28 февраля 1935 г. он получил пол-унции полимера, впоследствии названного полиамид-6,6. С ним было довольно трудно работать из-за высокой температуры плавления, но Болтон выбрал этот полиамид как один из коммерчески интересных материалов. В качестве помощника Каротерсу по этой теме назначили Джорджа Грейса. В конце концов Грейс вытеснил Каротерса и стал лидером проекта. Кроме того, десятки химиков и инженеров работали над получением из полиамида-6,6 более удобного для обработки коммерческого продукта.

Авторы считают необходимым напомнить огромную роль в развитии материаловедения в плане получения новых органических полимеров в РТ и РФ таких известных ученых профессоров, как: Е.В. Кузнецов, В.П. Архиреев, В.Ф. Куренков, В.Н. Серова, Р.Я. Дебердеев, В.Г. Бортников, А.Е. Заикин, П.А. Кирпичников, А.Г. Ликумович, С.И. Вольфсон, В.А. Воскресенский, В.Г. Хозин, Л.А. Абдрахманова и др.

Особо хочется отметить вклад в развитие этого направления профессора Е.В. Кузнецова – основателя первой в нашем регионе и РТ кафедры химической технологии пластмасс.





### **ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ КУЗНЕЦОВ**

Организатор и первый заведующий кафедрой технологии пластических масс КХТИ им. С.М. Кирова Евгений Васильевич Кузнецов родился в Казани 17 ноября 1912 г. в семье портного-закройщика, работавшего до революции 1917 г. у частных хозяев, а затем в различных государственных и кооперативных предприятиях. Мать была домохозяйкой.

В 1929 г. Е.В. Кузнецов окончил школу второй ступени г. Казани и, став студентом вечернего отделения Казанского филиала Московского энергетического института, поступил электромонтером в Казанское инженерное бюро Всесоюзного электротехнического объединения, где проработал до 1934 г. В 1934 г. перешел на учебу в Казанский химико-технологический институт на технологический факультет, который с отличием окончил в 1938 г. по специальности «Технология полупродуктов и красителей».

В 1939 г. он поступил в аспирантуру при кафедре технологий спецпродуктов. К сожалению, окончить обучение не удалось, так как 1 июля 1941 г. Е.В. Кузнецов был мобилизован в Красную Армию.

До 1942 г. являлся начальником химслужбы 19-го отдельного запасного Саперного батальона под Рязанью, где была сформирована Волховская дивизия, в рядах которой он прибыл на фронт в декабре 1942 г. в должности начальника химслужбы 1027-го артиллерийского полка 18-й стрелковой Мгинской Краснознаменной орденов Суворова и Кутузова дивизии.

Евгений Васильевич является кавалером многих орденов и медалей.

Во время военных действий был дважды награжден орденом «Красной звезды» и двумя орденами «Отечественной войны II степени», медалями за оборону Сталинграда, Ленинграда, за победу над Германией и др.

После окончания Великой Отечественной войны Е.В. Кузнецов вернулся в институт, где продолжил обучение в аспирантуре, по окончании которой в 1948 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Теплоты смешения серной и азотной кислот». Его научным руководителем был известный ученый, заслуженный деятель науки и техники ТАССР, профессор Борис Леонтьевич Кондрацкий.

С 1948 по июнь 1958 гг. Е.В. Кузнецов работал сначала ассистентом, а затем доцентом на кафедре технологий основного органического синтеза, которой руководил профессор Гильм Хайрович Камай. Уже в эти годы Кузнецов начал исследования в области химии и технологий элементоорганических соединений, их применения в процессах синтеза высокомолекулярных соединений и модификации их свойств, а также в области полимеризации виниловых соединений.

В 1958 г. Евгений Васильевич выступил с инициативой создания новой кафедры в Казанском химико-технологическом институте по подготовке специалистов в области технологии пластических масс. Эта идея нашла широкую поддержку со стороны руководства института и республиканских организаций, и Е.В. Кузнецову было поручено организовать в КХТИ кафедру Технологии пластмасс и возглавить ее. Евгений Васильевич сплотил вокруг себя талантливый коллектив молодежи, и с этого момента на кафедре начинается развитие новых научных направлений. К наиболее интересным и перспективным для того времени можно отнести следующие:

- синтез мономеров на основе фосфина и его производных и полимеров с атомом фосфора в главной цепи макромолекулы, обладающих антипиренными свойствами;
- синтез новых полиуретанов на основе алкилдиоксиметилфосфина, обладающих высокой химической стойкостью и негорючестью;
- синтез антипиренов для полиэтилена, полистирола и других полимеров на основе бис-(оксиметил)фосфиновой кислоты;
- синтез эпоксидных смол, модифицированных галоидзамещенными эфирами кислот фосфора, обладающих негорючестью;
- синтез фосфорсодержащих полисульфонов;
- синтез новых мономеров и полимеров на основе титанорганических соединений;
- полимеризация непредельных фосфорсодержащих мономеров на ионных катализаторах Циглера-Натта;

- сополимеризация олефинов с непредельными ФОС на катализаторах Циглера-Натта при связывании ФОС алкилами алюминия в комплексы;
- синтез полиуретанов и полимочевин, содержащих ФОС;
- сополимеризация непредельных соединений фосфора и кремния с этиленом при давлении 1500 атм по радикальному механизму;
- полимеризация непредельных кислот в присутствии амидов, аминов и других соединений основного характера, позволяющая получать сополимеры, нашедшие применение в качестве антистатов в производстве кинофотоматериалов, модификаторов композиций полиэтилена для кабельной промышленности, стабилизаторов промысловых жидкостей при бурении нефтяных скважин, загустителей воды и структурообразователей почв.

В 1970 г. Е.В. Кузнецов защитил докторскую диссертацию на тему «Фосфорорганические соединения в реакциях образования и модификации некоторых полимеров». Практическая реализация полученных результатов проявилась в цикле работ по созданию композиционных полимерных материалов, обладающих специфическими, а нередко и уникальными свойствами.

Разработки научной проблемной лаборатории, функционировавшей в рамках кафедры Технологии пластмасс, легли в основу научного обеспечения двух отраслевых лабораторий, а также лаборатории полимеров оптического назначения Министерства оборонной промышленности и отраслевой лаборатории модификации полиолефинов Минхимпрома СССР. Приоритет этих научных разработок обеспечил успешную защиту целого ряда кандидатских диссертаций сотрудников кафедры и аспирантов, выполненных под руководством Е.В. Кузнецова.

Особо следует отметить, что Евгений Васильевич всегда продолжал поиск новых научных направлений в развитии кафедры. Так, в 60-х годах он обратил серьезное внимание на новое перспективное направление в полимерной химии – неорганические высокомолекулярные соединения (ВМС).

В действительности же это направление на кафедре начиналось с экспериментальных работ по фосфатным стеклам О.А. Чижевской, которые потом получили соответствующее научное развитие в кандидатской диссертации В.В. Герасимова (1969 г.). Затем под его руководством были выполнены и защищены (1974 г.) кандидатские диссертации Г.Д. Ашмариним и В.М. Гонюхом, результаты которых легли в основу докторской диссертации В.В. Герасимова на тему «Исследование в области химии и технологии полифосфатов и материалов на их основе», защищенной им в 1980 г. в Ленинградском технологическом институте им. Ленсовета (Ленинград). В 1978 г. последовала защита кандидатской

диссертации О.С. Сироткина (научный руководитель Е.В. Кузнецов), а затем в процессе развития ее идей и направления в целом последовательно подготовлены и защищены кандидатские диссертации М.Ю. Хитровым (1981 г.), И.А. Женжурист (1982 г.), Б.Л. Тарасевичем (1983 г.), В.В. Завьяловым (1984 г.), Г.Г. Хисамеевым (1990 г.), Л.А. Теницким (1995 г.), И.М. Яо (2000 г.) и в 2001 г. представлена и рекомендована к защите диссертация Л.Б. Исаевой.

Традиционно успехи и прогресс науки о полимерах связывают прежде всего с интенсивным и плодотворным развитием химии и физики органических (углеродных) и элементоорганических (смешанных) ВМС. Гораздо менее изучены неорганические (безуглеродные) полимеры. При этом одной из наиболее важных тенденций в современном развитии полимерной науки следует считать факт все большего использования для построения различных высокомолекулярных соединений элементов, отличных от углерода. Их общее количество достигло 75. В то же время полимеры, построенные из элементов, отличных от углерода (т.е. безуглеродные полимеры), представляют собой одновременно и наиболее перспективную и в то же время, наименее изученную область макромолекулярной химии. Так, на международном симпозиуме ИЮПАК по макромолекулярной химии (Бухарест, 1983 г.) Хайдуком подчеркивались трудности и перспективы, возникающие при переходе от цепи, состоящей из атомов углерода, к безуглеродным цепям. Актуальность, перспективность и определенные достижения данного направления исследований рассматривались также и на V Международном симпозиуме по неорганическим и металлоорганическим полимерам (Майами-Бич, Флорида, 1990 г.) Меньшая изученность безуглеродных полимеров (за редким исключением) как объектов макромолекулярной химии объясняется, прежде всего, большим многообразием неуглеродных элементов, используемых для их построения, спецификой их строения и физико-химических свойств, отсутствием единого универсального подхода в изучении этих полимеров и, как следствие, недостаточностью систематических теоретических и экспериментальных исследований по оценке способности элементов, отличных от углерода, к образованию различных по структуре высокомолекулярных соединений с выделением наиболее важных их классов. Анализ литературных данных свидетельствует, что безуглеродные вещества и материалы со связями «элемент – кислород» являются наиболее распространенным в природе и промышленности классом гетероядерных соединений, среди которого полимерные элементооксаны (ПЭО) или полинеорганоеlementооксаны занимают значительное место. В то же время налицо недостаток систематических обобщений и исследований их макромолекулярной природы, включая

анализ способности элементов к образованию полимеров со связями «элемент – кислород», оценки специфики их структуры и свойств с позиции химии ВМС. При этом ряд ПЭО имеют значительную сырьевую базу, комплекс ценных свойств, не присущих классическим углеродным ВМС, и, как следствие, большую практическую значимость (стекла, покрытия, связующие и клеи, композиционные керамические материалы строительного и других назначений и т.д.). Совокупность вышеотмеченного свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы и стимулирует проведение работ по обобщению особенностей макромолекулярной природы безуглеродных ПЭО, разработке новых методов их синтеза, получения ПЭО с заданной структурой и свойствами и расширения технологических приемов синтеза и областей применения этих полимеров.

На всесоюзных и международных конференциях в Москве, Ленинграде, Варне, Горьком, Праге, Новосибирске, Свердловске и других городах доклады Е.В. Кузнецова и его учеников являлись предметом научных дискуссий и вызывали несомненный интерес.

Результаты научной работы Е.В. Кузнецова опубликованы в более чем 800 научных статьях, тезисах, авторских свидетельствах.

Евгений Васильевич был инициатором и организатором всесоюзных научно-технических конференций студентов по проблемам полимерной химии, проводимых в Казани. Многие из студенческих работ были удостоены медалей ВДНХ СССР.

Большинство теоретических и экспериментальных работ коллектива кафедры, руководимой Е.В. Кузнецовым, можно с полным основанием отнести к фундаментальным исследованиям. Дар научного предвидения, присущий ему, позволял творчески развивать все научные направления кафедры.

Не менее значимым было участие Е.В. Кузнецова в общественной жизни факультета и института. Он руководил философско-методологическим семинаром, выступал с лекциями и беседами на предприятиях и перед студентами, был председателем специализированного Совета по химии высокомолекулярных соединений по присуждению ученой степени кандидата наук, председателем Государственной комиссии по присвоению «Знака качества» продукции химических производств г. Казани, членом Головного Совета по химической технологии Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, членом регионального Совета Поволжья, членом Ученых советов института, факультета полимеров, комиссии Горкома КПСС, членом методологического совета по химической технологии Минвуза СССР. Регулярно участвовал в совещаниях заведующих кафедр, на которых

рассматривались актуальные вопросы повышения уровня подготовки выпускников технологических вузов, что позволяло создавать устойчивые научные связи с родственными кафедрами.

Нельзя не отметить тот факт, что Е.В. Кузнецов был человеком исключительной честности и порядочности, обладал превосходными организаторскими способностями, требовательностью к выполнению служебных обязанностей. Под его напускной суровостью скрывалась мягкость, терпимость и доброжелательность по отношению к окружающим его людям.

Трудовая деятельность профессора Е.В. Кузнецова была оценена правительством рядом поощрений и наград. Ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники ТАССР» (1970 г.) и «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» (1977 г.). Он награжден знаками «Отличник Министерства высшего образования СССР» и «50 лет пребывания в рядах КПСС» и др.

Евгений Васильевич Кузнецов был бессменным заведующим кафедры Технологии пластических масс КХТИ с 1958 по 1985 гг.; с 1986 г. работал в должности профессора этой же кафедры.

*Следующим качественно новым шагом в развитии полимерного материаловедения следует считать синтез и внедрение в жизнь элементоорганических полимеров.*



### **КУЗЬМА АНДРИАНОВИЧ АНДРИАНОВ**

Выдающийся советский ученый в области химии высокомолекулярных соединений, основоположник нового направления в химии полимеров – химии кремнийорганических полимеров – К.А. Андрианов

родился 28 декабря 1904 г. в семье крестьянина. Он прошел большой трудовой путь от лаборанта Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ) им. В.И. Ленина до академика АН СССР.

Фундаментальные научные исследования К.А. Андрианова в химии и технологии кремний- и элементокремнийорганических соединений позволили организовать многотоннажное производство кремнийорганических мономеров, олигомеров и полимеров у нас в стране. Он всегда очень чутко и внимательно относился к нуждам и запросам производства. Более чем за 45-летнюю научную деятельность К.А. Андриановым опубликовано около 1500 статей, получено свыше 500 авторских свидетельств и 50 патентов, издано 15 монографий. За исследования в области кремнийорганических соединений, получение, разработку и внедрение в промышленность термостойких кремнийорганических полимеров и материалов на их основе К.А. Андрианов четырежды был удостоен Государственных премий СССР (1943, 1946, 1949 и 1950 г.) и Ленинской премии (1963 г.).

К.А. Андрианов был не только выдающимся ученым, но и талантливым, чутким и отзывчивым педагогом. С 1932 по 1941 гг. он преподавал в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева, с 1946 по 1959 гг. был профессором кафедры органической химии в Московском энергетическом институте, а в 1959 г. организовал первую в стране кафедру синтеза элементорганических и неорганических полимеров в Московском институте тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова и возглавлял ее до конца жизни. К.А. Андрианов «воспитал» более 150 докторов и кандидатов наук, а возглавляемая им кафедра выпустила около 600 высококвалифицированных инженеров-химиков, успешно работающих ныне на многих предприятиях и в научно-исследовательских институтах нашей Родины и во многих других странах.

За выдающиеся заслуги в развитии советской химической науки и в подготовке высококвалифицированных кадров для народного хозяйства ему в 1969 г. было присвоено звание «Героя социалистического труда», он был награжден многими орденами и медалями Советского Союза.



### **ВАСИЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ КОРШАК**

Василий Владимирович Коршак (родился 27 декабря 1908 г. (9 января 1909 г.) (в селе Высокое) – скончался 14 июня 1988 г. (г. Москва; СССР) – советский учёный-химик, академик Академии наук СССР. В 1931 г. окончил Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, затем продолжил в нём работу. Академик, доктор химических наук, профессор, дважды лауреат Государственной премии и лауреат Ленинской премии СССР, награждён шестью орденами, в том числе орденом Ленина.

Василий Владимирович Коршак один из основоположников науки о полимерах в нашей стране и в мире.

Он осуществил пионерские исследования в области теории поликонденсации и разработал громадное количество конденсационных полимеров – как органических, так и элементоорганических.

Разработал концепции разноразветвленности полимеров и полимерных индивидов.

Он являлся организатором (1938 г.) и бессменным руководителем (до 1988 г.) лаборатории высокомолекулярных соединений и полимерного отдела ИНЭОС РАН.

С 1938 по 1953 гг. был заведующим кафедрой органического синтеза Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева.

В 1940 г. вступил в КПСС. 23 октября 1953 г. был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по специальности «Химия высокомолекулярных соединений».



С 1958 по 1988 гг. он был заведующим кафедрой технологии пластических масс Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева. 23 декабря 1976 г. был избран академиком по специальности «Высокомолекулярные соединения».

Василий Владимирович Коршак открыл карбин. Синтезировал ряд новых полимеров, в том числе лавсан и анид.

Также он разработал новые методы синтеза полимеров: полирекомбинацию, полиперearилирование, полициклоконденсацию. Доказал влияние пространственных факторов на полимеризацию ненасыщенных соединений.



### **НИКОЛАЙ АЛЬФРЕДОВИЧ ПЛАТЭ**

Николай Альфредович Платэ (родился 4 ноября 1934 г, (г. Москва) – скончался 16 марта 2007 г. (г. Москва; Россия) внук выдающегося русского химика, академика Н.Д. Зелинского и сын профессора А.Ф. Платэ.

Н.А. Платэ был одним из выдающихся представителей российской полимерной науки, учеником академика В.А. Каргина и одним из первых выпускников кафедры высокомолекулярных соединений Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (наряду с академиками В.А. Кабановым и Н.Ф. Бакеевым).

Он был крупным организатором науки (вице-президентом РАН) и одним из руководителей Российской академии наук. Создал количественную теорию реакционной способности функциональных групп макромолекул как научную основу модификации полимерных материалов, открыл термотропные жидкокристаллические полимеры с мезогенными

группами, что привело к созданию нового поколения жидкокристаллических полимеров и композитных материалов для оптики, электроники и других отраслей высоких технологий.

Среди его научных открытий можно выделить создание оригинального направления в области полимерных материалов медико-биологического назначения – селективных сорбентов для детоксикации организма человека, а также биосовместимых полимерных материалов для протезов, органов и тканей.

Под руководством Платэ удалось решить принципиально важную проблему создания новой безинъекционной лекарственной формы инсулина для лечения диабета, успешно прошедшую клинические испытания.

В качестве члена государственной комиссии РФ по химическому разоружению и члена Бюро Совета безопасности РФ Платэ являлся одним из разработчиков доктрины химической и биологической безопасности страны, утвержденной президентом РФ, и принимал активное участие в реализации программы уничтожения химического оружия.

Был одним из авторов и координаторов работ по использованию оригинальной ракетной технологии и дизельных двигателей для уничтожения токсичных химических веществ, включая химическое оружие, и для химической переработки природного газа в экологически безопасные виды топлива.

### ***Неорганические (безуглеродные) полимеры***

История становления науки о неорганических полимерных материалах неразрывно связана с работой в этом направлении целой группы отечественных и зарубежных ученых, заложивших основы теории образования безуглеродных (неорганических) макромолекул (Й. Хайдук, К.А. Андрианов, Л.М. Хананашвили, Ю.С. Черкинский, О.С. Сироткин и др.). В разное время особенности реакций получения различных неорганических полимеров и материалов на их основе (неорганических стекол, керамик, связующих и вяжущих) и областей применения рассматривались в работах Э. Тило, В.В. Коршака, В.В. Тарасова, В.В. Киреева, С.Я. Френкеля, Г.М. Бартенева, М.М. Сычева, Н. Рэя, Ф. Жимблета, М. Кадзивары, П. Балтэ, Ван Везера, В.А. Копейкина, В.В. Герасимова, О.С. Сироткина и многих других. Особо следует отметить роль Н. Белова, который впервые установил специфику структуры целого ряда силикатов. Он доказал, что их кристаллы являются не ионными, а высокомолекулярными образованиями и показал гибкость их цепей.



### **ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ ТАНАНАЕВ**

Иван Владимирович Тананаев (родился 4 июня 1904 г. (село Серповое Моршанский район, Тамбовской губернии) – скончался 28 февраля 1993 г.). Начальное образование Иван Владимирович получил в сельской школе. За успешную учебу его перевели в школу второй ступени в городе Моршанске, которой в селе не было.

В самом раннем возрасте он проявил исключительные способности к музыке. Иван Владимирович пел в церковном хоре, научился играть на всех доступных сельским людям музыкальных инструментах – баяне, балалайке, гитаре, домбре.

В школе создал детский оркестр народных инструментов. Родители, видя его музыкальный талант, после обучения в школе в 1921 г. отправили в г. Киев на вечернее отделение Киевского музыкального института. И.В. Тананаев проучился в институте два года, но после Октябрьской революции жизнь в Киеве для студента-вечерника была сложная. Для существования ему пришлось подрабатывать истопником на химическом факультете Киевского политехнического института, в котором работал на должности профессора его дядя – Н.А. Тананаев. Иван Владимирович заинтересовался лекциями по химии. Работая истопником и участь в консерватории, он сумел понять химическую науку, о которой он не имел никакого понятия ранее. Через год он сдал экзамены и поступил в Институт на химический факультет. Досрочно закончив обучение и защитив дипломную работу с оценкой «выдающаяся», Иван Владимирович был принят на факультете на работу.

В 1935 г. Иван Владимирович переехал в Москву, скоро стал доктором химических наук и профессором уже в возрасте 35 лет, а позднее стал членом-корреспондентом АН СССР (1946 г.) и академиком АН СССР (1958 г.).

В трудное время Великой отечественной войны И.В. Тананаев создавал сплавы, броню и снаряды для обороны страны. Сразу после войны его включили в секретные работы Атомного проекта для создания в стране ядерного оружия. Он разработал технологию, связанную с изотопным разделением природного урана, позволяющую получить в короткое время делящиеся материалы. «Элементами прогресса, элементами будущего» называл И.В. Тананаев редкие элементы. Они приобретали особое значение в связи с начавшейся в середине столетия научно-технической революции. В ИОНХ РАН, в котором работал И.В. Тананаев, был создан специальный отдел редких элементов (1948 г.), который возглавил ученый. Проводившиеся им и его сотрудниками исследования охватывали большую часть Периодической системы. Среди них видное место занимало изучение представителей III группы – галлия, индия, а также скандия, иттрия и лантанидов. Были разработаны способы переработки сырья и найдены новые области применения редкоземельных элементов; например, исследование хроматов лантана, неодима и иттрия впоследствии оказались полезными при создании высокотемпературных керамических материалов и т.д.

И.В. Тананаев решил важную задачу комплексного освоения минерального сырья на Кольском полуострове. Им была разработана технология выделения из руд ценных металлов и фосфора, которая до сих пор применяется на заводах. После его смерти в 1997 г. его именем был назван Институт химии и технологии редких элементов Кольского научного центра РАН (г. Апатиты).

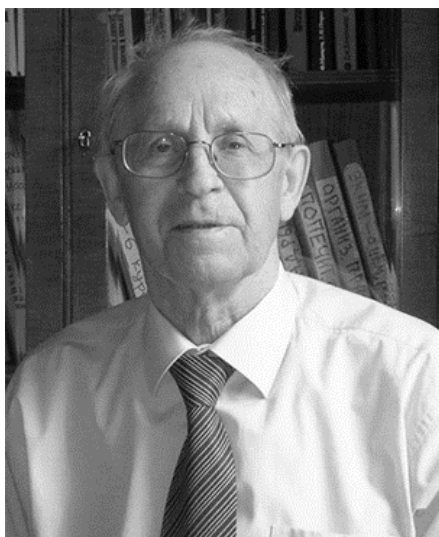
И.В. Тананаев особое внимание уделял неорганическим полимерам, в том числе полифосфатам, организовывал и участвовал в Международных и Всесоюзных конференциях по данной тематике.

*Особо следует отметить, что именно во многом благодаря И.В. Тананаеву в материаловедении на смену парадигмы Курнакова («состав – свойство») пришла парадигма, где центральной идеей становится «категория структуры», в рамках системы «состав – структура – свойство».*

Много времени И.В. Тананаев уделял педагогической работе. Он заведовал кафедрами в ряде высших учебных заведений, преподавал в Московском институте цветных металлов и золота (1939–1941 гг.),

в Московском инженерно-физическом институте (1951–1963 гг.) и Московском институте тонкой химической технологии (1963–1968 гг.). Под его руководством 15 химиков стали докторами наук и более 70 – кандидатами наук.

Заслуги Ивана Владимировича Тананаева перед Отечеством отмечены Золотой медалью Героя Социалистического труда, двумя орденами Ленина, Трудового Красного знамени, Октябрьской революции, Ордена Дружбы, в том числе он награжден военным орденом Красная Звезда, а также медалями. И.В. Тананаев является лауреатом Государственной премии СССР (1949 г., 1951 г., 1971 г.) и обладателем Золотой медали РАН им. Д.И. Менделеева (1973 г.).



### **ЮРИЙ ДМИТРИЕВИЧ ТРЕТЬЯКОВ**

Юрий Дмитриевич Третьяков (родился 4 октября 1931 г. (г. Ростов-на-Дону) – скончался 11 августа 2012 г. (г. Москва; Россия). В 1954 г. окончил химический факультет Ростовского государственного университета. В 1958 г. Юрий Дмитриевич после окончания аспирантуры Химического факультета МГУ защитил кандидатскую диссертацию, в которой было исследовано возникновение высококоэрцитивного состояния в магнитных сплавах. Именно с этого времени вся научная, образовательная и организационная деятельность неразрывно связана с химическим факультетом, а затем с факультетом наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Доктор химических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации Ю.Д. Третьяков работал

деканом Факультета наук о материалах МГУ, заведующим кафедрой неорганической химии химического факультета МГУ, возглавлял лабораторию неорганического материаловедения, также заведовал лабораторией химической синергетики Института общей и неорганической химии.

Научная деятельность Ю.Д. Третьякова направлена на развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов и создание научных основ нанотехнологического материаловедения. Одним из спорных утверждений, которое часто повторял Ю.Д. Третьяков, являлась фраза: «Химия и физика не делимы, как сямские близнецы». Хотя очевидно, что химия и физика отличаются индивидуальным фундаментальным объектом исследования (поле, элементарные частицы и атомы – это физика, а химические вещества – это химия) и, соответственно, предметом, эти науки объективно разделены соответствующими уровнями вещественного познания материи (*Прим. О.С. Сироткина*).

Ю.Д. Третьяков награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Почета, юбилейной премией МГУ – РАН за выдающиеся достижения в области образования.



### **ГРИГОРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ САМСОНОВ**

Григорий Валентинович Самсонов (родился 15 февраля 1918 г. (Село Детское (ныне г. Пушкин Ленинградская область; Россия) – скончался 22 декабря 1975 г.) – окончил Московский институт тонкой химической технологии (1940 г.). В 1947–1956 гг. работал в Московском институте

цветных металлов и золота, в 1956–1975 гг. в Институте проблем материаловедения АН УССР, одновременно с 1959 г. был профессором Киевского политехнического института.

Основные исследования посвящены химии твердого тела. Разработал и внедрил в производство технологию получения более 400 соединений (боридов, нитридов, карбидов и др.) и материалов, в том числе металлокерамических для атомной энергетики и жаропрочных для машиностроения.

Исследовал в широком интервале температур структуру и свойства тугоплавких соединений. Изучал физико-химическое взаимодействие частиц в твердой фазе, диффузионные процессы при образовании и контакте тугоплавких соединений.

Разработал основы квантово-механической теории спекания порошков тугоплавких соединений, включая оценку химической природы на особенности технологий их получения и переработки в изделия. Предложил технологию создания покрытий из тугоплавких соединений на металлах и сплавах.

Опираясь на эти работы, свой вклад в развитие материаловедения, включая неорганические полимеры, внес и один из авторов данного учебника – О.С. Сироткин (см. сведения об авторах).

Завершая оценку влияния отечественных ученых на развитие материаловедения, авторы учебника сочли возможным отметить роль Научно-Методического Совета по материаловедению и технологии конструкционных материалов Минобрнауки РФ, который ежегодно в течение около 20 лет собирает в разных городах РФ заведующих кафедрами материаловедения и ведущих ученых и педагогов на Всероссийское совещание для обмена научным и методическим опытом в данной области, что крайне важно для развития материаловедения в целом. Отметим также наиболее активных профессоров и заведующих кафедрами (Г.П. Фетисов (г. Москва, МАИ), В.Н. Лясников (г. Саратов, СГТУ), Л.В. Тарасенко (г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана), Н.Г. Зарипов (г. Уфа, УГАТУ), Д.Л. Мерсон (г. Тольяти, ТГТУ), Г.М. Волков (г. Москва, МАМИ), В.М. Матюнин (г. Москва, МЭИ), И.С. Белашева (г. Москва, МАДИ) Л.В. Федорова (г. Москва, МГАУ им. В.П. Горячкина), В.С. Кушнер (г. Омск, ОГТУ), Э.Р. Галимов (г. Казань, КГТУ им. А.Н. Туполева), В.А. Батаев (г. Новосибирск, НГТУ), С.И. Богодухов (г. Оренбург, ОГУ), О.С. Лисовская (г. Киров, ВятГУ), В.Т. Ерофеев (г. Саранск, МГУ), Ю.Я. Тюменев (г. Москва, РГУС и туризма), Ф.А. Гарифуллин (г. Казань, КНИТУ) и др.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите об открытиях Д.К. Чернова, которые послужили развитию материаловедения.
2. Какое влияние оказали труды Д.К. Чернова на ученых его эпохи?
3. Какие открытия Н.А. Минкевича послужили развитию материаловедения?
4. Какое влияние оказали труды Н.А. Минкевича на ученых его эпохи?
5. Расскажите о творческом пути К.А. Андрианова.
6. Какие открытия А.А. Бочвара послужили развитию материаловедения?
7. Назовите труды А.А. Бочвара, которые повлияли на ученых его эпохи.
8. Вспомните достижения Е.В. Кузнецова, послужившие развитию материаловедения.
9. Какие результаты были достигнуты в области органических (углеродных) полимеров в эпоху Новейшего времени? Вклад отдельных личностей.
10. Что Вам известно о творческом пути Л. Бакеланда?
11. Какие результаты были достигнуты в области элементо-органических (смешанных) полимеров в эпоху Новейшего времени? Вклад отдельных личностей.
12. Какие результаты были достигнуты в области неорганических (безуглеродных) полимеров в эпоху Новейшего времени? Вклад отдельных личностей.



*Человек не выявляет себя в истории:  
он пробивается сквозь нее.  
Р. Тагор*

## ГЛАВА 6. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ XXI ВЕКА

Завершая рассмотрение основных исторических этапов развития материаловедения, важно обобщить полученные результаты и оценить перспективы современного периода развития материаловедения.

### 6.1. История эволюции расширения номенклатуры материалов, практически используемых человечеством

Подводя итоги истории развития материаловедения, можно установить определенную периодизацию в ее развитии (рис. 8).

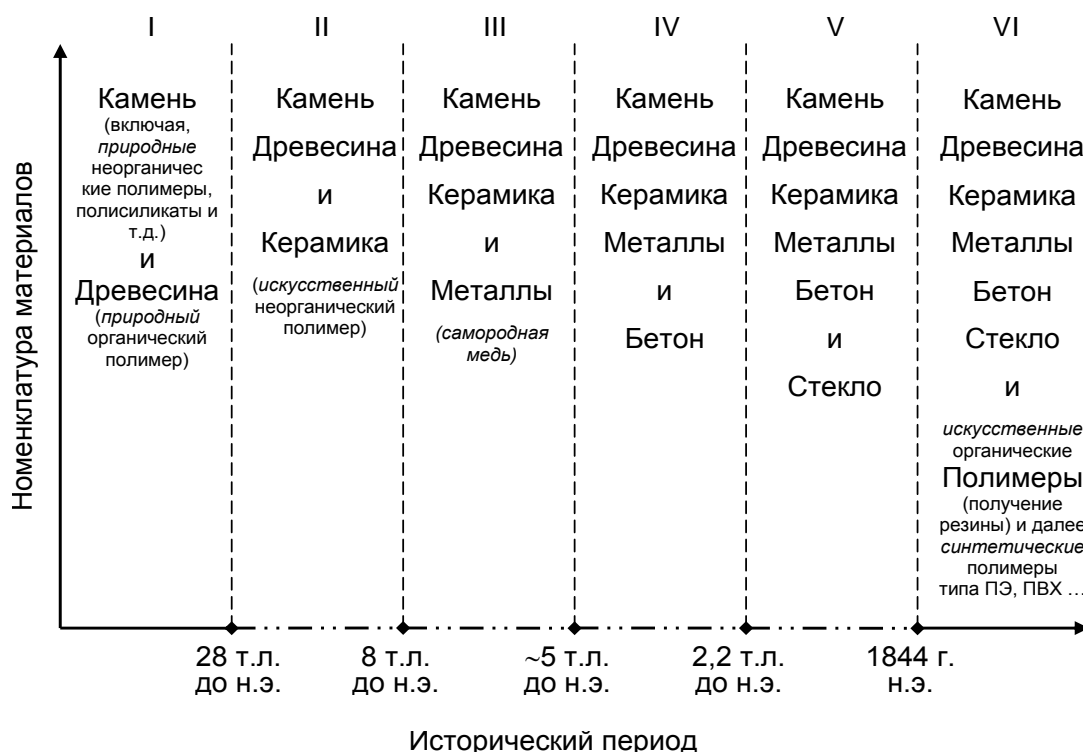


Рис. 8. Эволюция применения и расширения номенклатуры основных материалов в рамках решения основных задач по жизнеобеспечению человечества

Из рис. 8 следует, что история материаловедения может быть разбита на несколько этапов, периодизация которых основывается на времени начала использования в практической жизни человека природных и далее новых видов материалов, т.е. на основе расширения их номенклатуры.

*Первым этапом* можно считать период с глубоких времен до н.э. Этот этап характеризуется минимальным технологическим воздействием человека на природные материалы на уровне механической их обработки с целью придания нужной формы (наконечник копья, скребок, лезвие и т.д.) или свойств (механическое воздействие на растения с целью получения волокон для тканей и одежды и т.д.): это материалы на основе природного камня, древесины и растений, подавляющая часть из которых по природе построена из неорганических (безуглеродных) и органических (углеродных) полимеров.

*Второй этап* – это этап начала использования искусственных материалов (начинается приблизительно 28000 лет назад (но не менее чем 12000 лет до Рождества Христова или 14000 лет в целом по результатам анализов наиболее древнего черепка керамики, обнаруженного в Ниле (Египет); был связан с наличием больших запасов глин в Египте и Месопотамии. В этот период была разработана *технология* формования из *пластмассы* на основе глины пластифицированной водой различных изделий, которые после сушки подвергались воздействию огня с превращением в керамику (неплавкое, прочное и нерастворимое в воде тело – материал). Фаянс как один из разновидностей керамики (изготавливаемый из состава, подобного фарфору, но с пористостью до 30 %) известен приблизительно IX тысячелетия до н.э. (т.е. около 11000 лет).

*Третий этап* (приблизительно с VIII тысячелетия до н.э. (т.е. около 10000 лет)) характеризуется началом использования самородных металлов (меди) с целью изготовления из них (переработки) необходимых изделий взамен каменных.

3,5 тыс. лет до н.э. египтяне впервые выплавляли железо (видимо, в качестве побочного продукта рафинирования меди) и стали использовать его для изготовления украшений. В сущности, был раскрыт первый секрет получения главного металла цивилизации.

*Четвертый этап* (приблизительно 5000 лет до н.э.) связан с появлением и использованием на практике первых вяжущих веществ, твердеющих при нормальной температуре с образованием твердых тел – материалов.

*Пятый этап* (2,2 тыс. лет до н.э.). В этот период жители Северо-Западного Ирана изготовили первое стекло. Таким образом, появился второй (после керамики) основной неметаллический материал цивилизации.

И *шестой этап* (с середины XIX в. н.э.) ознаменован появлением первых искусственных органических (углеродных) полимерных материалов, когда в 1844 г. Чарльз Гудьер придумал способ вулканизации

природного каучука и получения резины. Теоретический фундамент в формирование данного направления в химии и технологии веществ и материалов был заложен целым рядом ученых. В 1831 г. швед И.Я. Берцелиус ввел вначале понятие «изомерность», а затем и понятие «полимер». В 1861 г. Александр Михайлович Бутлеров заложил основы теории строения нового уровня организации вещества – химического (теория химического строения органических веществ), создав тем самым фундаментальную базу для развития индивидуальности химии и новых способов синтеза веществ, и материалов посредством химической технологии. И в 1922 г. Г. Штаудингер ввел понятие «макромолекула» (в русской транскрипции «высокомолекулярное соединение»).

Отметим, что материаловедение до нашей эры включило в себя сразу пять выделенных на рис. 8 и рассмотренных выше исторических периодов (или этапов) и обеспечило появление практически всех основных типов материалов, за исключением искусственных и синтетических полимеров (шестой этап).

Оценивая современные тенденции развития материаловедения в XXI в., отметим следующее: материаловедение, как и любая естественная прикладная наука и учебная дисциплина, непрерывно развивается, что требует постоянного совершенствования ее специфических черт, раскрываемых, прежде всего, через попытки развития научных и теоретических обобщений о строении и свойствах различных материалов.

Традиционно *сегодня металлы* рассматриваются в этой науке как основной тип материалов, что, несомненно, имеет соответствующую историческую и практическую опору, особенно в машиностроении. При этом камень и дерево (как природные доступные материалы) исторически значительно раньше начали использоваться на практике (рис. 8) в качестве конструкционных и до сих пор не потеряли своего практического значения.

Однако требования к набору необходимых сегодня свойств, предъявляемых современной промышленностью к материалам, постоянно растут, и поэтому сохраняется значимость получения новых синтетических и искусственных материалов. Причем по ряду этих физико-химических свойств традиционные металлы уже практически достигли своего потолка, а некоторые не могут обеспечить в принципе, например, высокоэластичность, соответствующую жаростойкость, способность материала к длительной эксплуатации при воздействии механических нагрузок и температур выше 1500 градусов и т.д. Мы уже не говорим о том, что в «чистом виде» даже железо имеет ограничения для применения в качестве конструкционного материала, а его сплав с углеродом уже

представляет композиционную многофазную систему в виде стали. Причем рост ее прочности определяется появлением уже неметаллической фазы в виде химического соединения типа цементита ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) и далее, в результате закалки стали, образованием мартенсита и т.д.

Поэтому, когда в 1907 г. Л. Бакеланд на основе фенола и формальдегида получил синтетический материал – пластмассу (бакелит), а затем в 1909 г. С.В. Лебедев синтезировал из бутадиена полимер, материаловедение в качестве дополнительного объекта исследования и практического применения получило новый тип синтетического материала – *полимерного*. Это дало право определенной части научной общественности заговорить о конце монополии «железного века» и его переходе в век синтетических углеродных (органических) полимерных материалов. Однако не следует забывать и про природные органические полимерные материалы в виде древесины, объем использования которых на практике в качестве конструкционных всегда был достаточно велик. Отметим, что с середины 50-х годов прошлого XX в. объем производства синтетических и искусственных органических полимерных материалов превысил производство алюминия. На рубеже XXI в. их мировое производство достигло 200 млн т в год. При этом динамика роста производства синтетических органических (углеродных) полимерных материалов характеризуется тем, что практически каждое десятилетие в течение последних 30 лет имеет место удвоение объема их выпуска, а материалы на их основе завоевывают все новые области практического использования, включая машиностроение, в качестве конструкционных материалов (например, в современных автомобилях их доля уже достигает 25–50 %). При этом понятно, что ввиду низкой плотности (удельного веса) органических полимерных материалов (типа полиэтилена или полиуретана) по сравнению с металлами практическое применение первых по объему становится соизмеримым с последними. Особенно, если дополнительно учесть материалы на основе элементоорганических (смешанных) и неорганических (безуглеродных) высокомолекулярных соединений, построенных на основе оксидов (т.е. полинеорганоеlementооксидных ВМС со связями Э-О, где Э-Si, Al, P и т.д. в основной цепи), нитридов (Э-N), полифосфазеновых (P-N) и других неорганических макромолекул. Их производство в виде керамики, стекла, связующих, вяжущих и т.д. в конце прошлого века приблизительно в 100 раз превышало производство органических (углеродных) полимерных материалов.

Следует также отметить, что к середине XX в. материаловедение вступило и в качественно новый этап развития взглядов на структуру свойства силикатов и материалов на их основе, типа стекол и, конечно,

одного из древнейших материалов – *керамики*. Это связано с переоценкой природы связи Э-О и структуры многих оксидов и минералов, так как оказалось, что они имеют не ионную, а преимущественно ковалентную связь и, следовательно, молекулярную, а точнее высокомолекулярную структуру, что открыло новые возможности в развитии технологий материаловедения. При этом, в отличие от железа, керамика имеет практически неисчерпаемую сырьевую базу (практически вся литосфера Земли) для получения различных видов материалов на ее основе. Учитывая же уникальный диапазон ее свойств (от жаро- и износостойких до сверхтвердых и эластичных, диэлектрических, электро- и сверхпроводящих), меньшую энергоемкость и относительную экологичность производства керамики, по сравнению с металлами, а также широту областей применения стекла и керамики, трудно не согласиться с выводом о перспективности развития сегодня керамического материаловедения.

При этом полимерный класс материалов включает в себя синтетические и природные органические (углеродные, а точнее, углеводородные) и неорганические (безуглеродные) высокомолекулярные соединения, в том числе древесину и керамику. Отнесение керамики к полимерным материалам связано с тем, что она в большинстве случаев построена прежде всего из оксидов, нитридов, карбидов и т.д. А так как именно преимущественно ковалентные связи Э<sub>1</sub>-Э<sub>2</sub> (типа Э-О) определяют способность гетероядерных соединений этих групп к образованию цепных высокомолекулярных или сшитых слоистых двух- или трехмерных пространственных структур и далее наиболее практически важных керамических материалов, то и отнесение последних к классу полимерных материалов является обоснованным. Важнейшая практическая роль и перспективность расширения внедрения полимерных материалов различной природы на основе высокомолекулярных соединений демонстрируются в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Количество различных химических индивидов**

Класс соединений	Количество в абсолютных единицах	Количество в процентах
Неорганические	164 250	0,04
Органические	5 310 750	1,31
Высокомолекулярные	400 000 000	98,65

### Мировое производство материалов в начале XXI века

Показатель	Полимерные материалы на основе			Металлы	
	органических и неорганических ВМС		органических синтетических ВМС		
	древесина	керамика	пластмассы, эластомеры и т.д.	черные	цветные
Масса, млн т (%)	1600 (23)	4200 (62)	110 (1,8) или 220 *	810 (12)	80 (1,2)
Объем, млн м <sup>3</sup> (%)	2300 (49,8)	2000 (44,9)	100 (2,4)	104 (2,5)	1,8 (0,4)
Стоимость, %	6,4	17,3	17,6	50,8	7,9

*Примечание:* \* Данные других источников.

Особое значение развития единой (органической – углеродной, элементоорганической – смешанной и неорганической – безуглеродной) химии высокомолекулярных соединений в формировании и развитии будущей химии XXI в. и материаловедения в целом следует из того (как отметил академик В.В. Коршак), что «...химия полимеров, основывающаяся главным образом на углероде, со временем получит в свое распоряжение и «другие» элементы Периодической системы. Поэтому в будущем можно ожидать еще большего развития в области неорганических и элементоорганических полимеров». Кроме того (см. табл. 1), налицо абсолютное количественное превосходство химических индивидов высокомолекулярных соединений (98,65 %) над органическими низкомолекулярными (1,31 %) и неорганическими не полимерными (0,04 %). Это, очевидно, свидетельствует о большей перспективности решения проблемы получения материалов с комплексом новых свойств именно за счет полимерных материалов, ввиду большей вариативности их структуры и, соответственно, большего многообразия индивидуальных химических соединений на их основе, которые уже существуют в природе или которые будут получены в будущем. Этот вывод, кстати, подтверждается и данными табл. 2.

Думается, что наиболее разумной позицией по поводу продолжающихся попыток провозглашения того или иного из вышеперечисленных материалов в качестве главного в период Новейшего времени («каменный», «бронзовый», «железный век» и т.д.) следует считать признание их равной значимости сегодня в материаловедении в целом. Это утверждение ныне имеет серьезную опору, так как каждый из них (металл, полимер, керамика и т.д.) характеризуется определенными свойствами, которые могут рассматриваться и как преимущество, и как

недостаток в зависимости от условий эксплуатации изделия или конструкции на практике, а поэтому каждый имеет традиционные области практического применения (занимая соответствующие материаловедческие «ниши»). Ведь, хотя никто и не объявлял в какой-то исторический период дерево в качестве главного материала («деревянный век»), в настоящее время трудно представить себе его отсутствие как конструкционного материала (вспомним, хотя бы наши дачи). А новые достижения химии, физики и материаловедческой науки в целом привели к созданию материалов нового поколения (композиционных и наноматериалов, керамических и полимерных проводников и полупроводников, сверхпроводников, металлических стекол и т.д.), причем значительная часть которых обладает гибридным строением – промежуточным между молекулярным (ковалентным), металлическим или ионным или многоуровневой (микро-, мезо- и макро-) структурной организацией и свойствами, не присущими традиционным металлическим и неметаллическим материалам. Таким образом, современная стратегия развития материаловедения должна опираться на три основных базовых типа материалов: керамика, органические полимеры и металлы и композиционные или гибридные материалы на их основе (рис. 9).

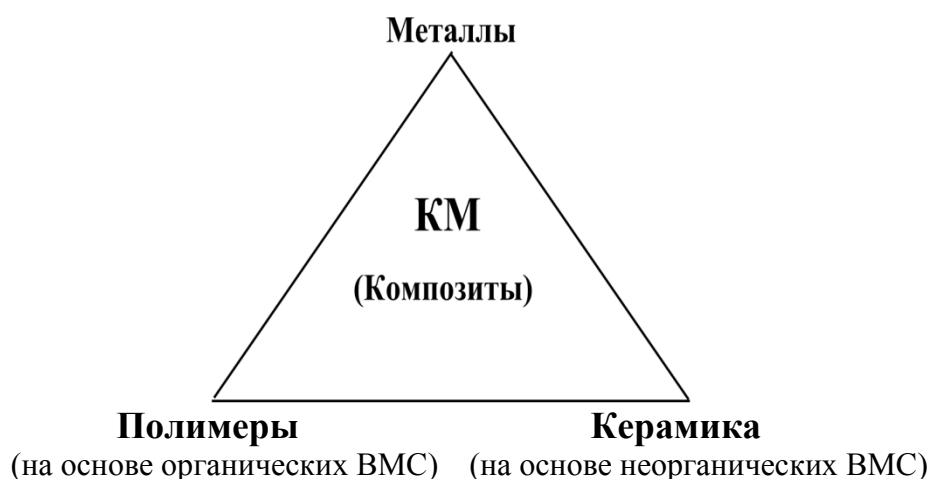


Рис. 9. Основные (базовые) виды современных материалов в единой системе материаловедения

В рамках оценки практической значимости основных видов материалов проанализируем сравнительную количественную информацию о современном соотношении масс, объемов и себестоимости мирового производства металлов, полимеров, древесины и керамики. Эта информация представлена в виде таблицы с выделением в качестве основы материаловедения двух основных классов веществ и материалов (находящихся в нормальных условиях в виде твердых тел): *металлических и полимерных* (табл. 2).

## **6.2. Объемы мирового производства основных типов материалов в XXI веке**

Данные табл. 2 свидетельствуют, что сегодня свыше 90 % объема потребностей человечества в материалах различного назначения удовлетворяются полимерными материалами типа керамики и древесины. И лишь около 3 % по объему и 13 % по массе составляет доля металлических материалов. При этом для полимерных материалов в виде древесины и керамики практически не существует сырьевой проблемы (возобновляемая целлюлоза и две трети земной коры в виде полимерных оксидов).

В то же время сырьевые запасы железной руды, подобно углеводородам, явно ограничены. Все это (с учетом специфики свойств) сказывается и на доле себестоимости (50,8 %) производства металлов (показатель номер 3), включая крайнюю экологическую проблематичность производств металлов (например, электролиз оксида алюминия и восстановление железа) по сравнению с технологиями полимерных материалов. Это, очевидно, приводит к тенденции значительного изменения в реальной жизни соотношения металлических и полимерных материалов в пользу последних. Ведь сейчас полимеры вытесняют металлы в авио- и космической технике, электро- и теплоэнергетике и т.д. Но мы все, конечно, понимаем, что без традиционных металлических материалов, их гибридов или композиционных материалов с полимерными составляющими человечество не обойдется. Электро- и теплоэнергетика, машиностроение, строительство и т.д. являются базовыми отраслями применения металлических материалов.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие исторические этапы расширения номенклатуры материалов и развития материаловедения принято считать основными?
2. Перечислите основные (базовые) разновидности наиболее широко используемых материалов.
3. Какая связь между объемом мирового производства материалов и соотношением основных типов материалов в XXI в.?
4. Объясните причины преобладания объемов практического использования полимерных (органических и неорганических) материалов над металлами.



5. Каково соотношение природных органических и неорганических полимерных материалов в сравнении с органическими синтетическими полимерами?

6. Назовите соотношение объемов мирового производства (в млн м<sup>3</sup>) металлов, органических синтетических (пластмассы и эластомеры), а также органических и неорганических полимерных материалов (древесина и керамика).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История развития материаловедения характеризуется периодичностью, определяемой развитием потребностей людей в их жизнеобеспечении, а также уровнем развития знания, науки и технологий обработки и модификации (легирования) природных материалов, получения искусственных и синтетических, а также переработки последних в изделия и конструкции с одновременным управлением их структуры и свойств. Эти шесть периодов приведены на рис. 8.

Особо следует отметить факт определяющего влияния науки на эволюционное развитие взглядов на структуру исходных химических веществ для производства основных видов материалов (металлов, органических полимеров и керамик), когда углубление взглядов на ее особенности становится решающим фактором в совершенствовании технологий получения материалов с комплексом качественно новых свойств. Чего стоит только один пример достижений в области силикатов, когда в середине прошлого века было доказано, что их структура является не ионной, а преимущественно ковалентной-молекулярной (а точнее, макромолекулярной). Так была обоснована полимерная природа многих минералов, учет специфики которой обеспечил качественный скачок в совершенствовании технологий получения материалов на их основе. *При этом очевидно, что материаловедение до сих пор не достигло уровня строгой научной дисциплины, так как и сегодня в большинстве учебников отсутствует единая общепризнанная теоретическая основа металлов и неметаллов, а также система, их объединяющая\*\*.*

В данном учебнике мы собрали и проанализировали данные, имеющиеся в доступной литературе по истории материаловедения, рассмотрели персональный вклад и судьбы целого ряда ученых, проанализировали вклад открытий отечественных ученых в развитие материаловедения.

На основе полученных данных и их анализа мы с уверенностью можем сказать, что отечественные ученые работали во многих областях этой науки и в каждой добивались высоких результатов. Их открытия способствовали развитию и усовершенствованию химической и авиационной промышленности, машиностроения, точной механики, артиллерийского производства и др. Развитие материаловедения, открытия ученых СССР и РФ позволяют России до сих пор быть конкурентоспособной страной в целом ряде отраслей промышленности.

Причем в истории развития практических идей материаловедения некоторые\* выделяют ряд следующих парадигм. Первая парадигма (менделеевская) заключалась в необходимости учета химического состава веществ и материалов и их свойств («химический состав – свойства»). Вторая парадигма (курнаковская) заключалась в установлении зависимости между составом сплава и его свойствами («фазовый состав – свойства»). Третья парадигма (тананаевская и др.) заключалась в преобразовании этой пары в триаду («состав – структура – свойства»). Четвертая парадигма (самсоновская) представляет собой уже квартет понятий («состав – технология – структура – свойства»). Отметим, что ранее аналогичные идеи (в плане формулирования четвертой парадигмы) в начале XIX века были высказаны другим нашим соотечественником и земляком П.П. Аносовым. (*Прим. авторов*). Пятая парадигма в виде пентаграммы понятий («состав – тип связи\*\* – технология – многоуровневая структура – свойства») дополнительно учитывает влияние типов химической, физической и механической разновидностей связей элементов и фаз на разных уровнях структурной организации материала\*\*\*

---

\*Верхотуров А.Д., Фадеев В.С. *Некоторые вопросы современного состояния и перспективы развития материаловедения. Владивосток. Дальнаука, 2004. – С. 125 – 128.*

\*\* Сироткин О.С. *Введение в материаловедение (начала общего материаловедения) / О.С. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2002. – 184 с.*

\*\*\*Сироткин Р.О. *Электронно-ядерная, молекулярная и надмолекулярная структура полимерных материалов и их физико-механические свойства («состав – тип связи – структура – свойства» в полимерах и металлах) / Р.О. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2007. – 220 с.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**ХРОНОЛОГИЯ ДОСТИЖЕНИЙ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ  
В РАЗНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ***Материаловедение в эпоху до нашей эры*

С момента возникновения первых людей изначально использовались природные материалы типа древесины, растений и камня, т.е. это был «каменно-древесный век» наиболее доступных природных материалов. Он создал основу для совершенствования технологий, был накоплен опыт по управлению огнем, и далее люди стали более технологически образованными. Однако датировать конкретные исторические достижения этого периода зарождения материаловедения по понятным причинам не представляется возможным.

На протяжении длительного времени человечество применяло самые примитивные орудия, для производства которых использовало самые доступные материалы на Земле. Так продолжалось вплоть до 28 тыс. лет до н.э. – это древнейший период развития материаловедения, связанный с использованием людьми только природных материалов (камень и древесина) с минимальными технологическими и механическими воздействиями на них.

Начало нового периода развития материаловедения до н.э. связано с получением людьми искусственных и синтетических материалов, не существующих в природе. Данный период длился с 28 тыс. лет до н.э. до 400 г. н.э., на протяжении которого были совершены важнейшие открытия в познании материалов.

Итак, вот примерная хронология использования материалов.

*До 28 тыс. лет до н.э. Древнейший период развития материаловедения, связанный с использованием людьми только природных материалов (камень и древесина) с минимальными технологическими и механическими воздействиями на них.*

*28 тыс. лет до н.э. Древнейшая обожженная керамика (фигурки животных и людей, а также шарики и пластины) найдена при раскопках Павловских холмов в Моравии. Начало термообработки природных веществ и получения искусственных материалов.*

*8 тыс. лет до н.э. Начало металлургии или переработки самородных металлов – люди неолита стали ковать украшения из самородной меди. Каменные инструменты сменились более надежными – медными.*

*5 тыс. лет до н.э. Люди, обитавшие в Малой Азии, обнаружили, что жидкая медь получается при обжиге малахита и лазурита и из нее можно отливать различные фигуры. Начало металлургии и открытие недр Земли как кладовой минералов.*

*4–2 тыс. лет до н.э. Жители Аркаима (современная территория Челябинской области Российской Федерации) выплавляли медные изделия из малахита и лазурита. Многочисленные медные и бронзовые изделия (бронзовые ножи, топоры, наконечники стрел и т.д.), найденные в могильниках, подтверждают, что здесь было немало искусных мастеров кузнечного и литейного дела.*

*3,5 тыс. лет до н.э. Египтяне впервые выплавляли железо (видимо, в качестве побочного продукта рафинирования меди) и стали использовать его для изготовления украшений. Раскрыт первый секрет получения главного металла цивилизации.*

*3 тыс. лет до н.э. Металлурги Ближнего Востока и Малой Азии обнаружили, что добавка оловянной руды к медной руде позволяет получать значительно более прочный материал, чем чистая медь или олово, – бронзу. Появилась концепция сплавления – идея о том, что смесь двух и более металлов дает вещество, свойства которого превосходят свойства каждого из компонентов.*

*2,2 тыс. лет до н.э. Жители северо-западного Ирана изготовили первое стекло. Появился второй (после керамики) основной неметаллический материал цивилизации. По другим данным, первое датированное упоминание непрозрачного голубого стекла с покрытием из прозрачного зеленого стекла относится к 3064 г. до н.э. Так, в Египте стекла широко применялись для специальных ритуальных орнаментов, украшений и т.д. в период правления фараонов Тутмоса III (1900 г. до н.э.) и Тутанхамона (1300 г. до н.э.). В соответствии с записями на глиняных табличках промышленное производство стекла было начато в Сирии (1700 г. до н.э.) и далее распространилось в Египет и Палестину. Рецепты и способы получения стеклянной глазури (покрытия по керамике) описаны в 1600 г. до н.э. и найдены при раскопках городов в Месопотамии. Однако известно, что прозрачные силикатные стекла использовались в Египте приблизительно с XII тысячелетия до н.э. в качестве глазури амулетов, бус и фигурок священных жуков-скарабеев.*

*1,5 тыс. лет до н.э. Китайские гончары создали первый фарфор из каолиновой глины. Положено начало многовековой традиции изготовления художественных шедевров из этого вида керамики.*

*1,5 тыс. лет до н.э. Ближневосточные металлурги разработали технологию литья по выплавляемым восковым моделям. Начало массового изготовления предметов сложной формы из металла.*

*300 лет до н.э. Металлурги Южной Индии придумали способ плавления стали в вагранках – врытых в землю керамических сосудах. Получена та самая сталь, которую спустя столетия назовут «дамасской» и секрет получения которой останется загадкой для многих поколений кузнецов и металлургов (пока его вновь не раскроет Павел Петрович Аносов).*

*200 лет до н.э. Китайские металлурги освоили литье из стали. Положено начало многовековой традиции получения металлических изделий в Китае.*

*100 лет до н.э. Обитатели Ближнего Востока, скорее всего финикийцы, освоили стеклодувное дело. Появилась возможность быстро делать большие, прозрачные и непротекающие сосуды.*

*400 г. н.э. Индийские металлурги воздвигли недалеко от Дели железный столб высотой в семь метров. Столб, выдержавший без последствий полторатысячелетние коррозионные испытания в весьма агрессивной атмосфере этого влажного региона, служит ярким примером торжества материаловедения и остается археологической загадкой.*

### ***Материаловедение в эпоху Ренессанса (XIV–XVI вв.)***

*1450 г. Иоганн Гутенберг создал сплав системы «свинец – олово – сурьма», из которого можно было отливать в медных формах наборные шрифты для типографии. Создана технологическая основа средств массовой информации.*

*1451 г. Йохансон Функен разработал метод отделения серебра от свинца и меди, руды которых, как правило, перемешаны. Установлено, что операции добычи и переработки металлов позволяют получать нужный металл в качестве побочного продукта.*

*1540 г. Ванноччо Бирингуччо публикует трактат «De la pirotechnia» – первое руководство по ковке.*

*1556 г. Георг Агрикола публикует трактат «De re metallica». Систематическое и прекрасно иллюстрированное руководство по горному делу и металлургии, какими они были в XVI в.*

*1593 г. Галилео Галилей публикует трактат «Della scienza mechanica». Руководство по сопротивлению материалов, которое он подготовил после того, как выступил консультантом по строительству судов.*

### ***Материаловедение в эпоху Нового времени (XVII–XIX вв.)***

*1709 г. Абрахам Дерби I открыл, что кокс может прекрасно заменить древесный уголь при получении чугуна. Существенно снизилась себестоимость железа, стало возможным его крупномасштабное производство, а Европа была спасена от полного исчезновения лесов.*

*1750 г. В Британии запатентован рыбий клей – первый из патентованных клеев в мире. Начало изготовления клеев как из натуральных, так впоследствии и из синтетических веществ.*

*1755 г. Джон Смитон создал бетон. Появление главного строительного материала современности.*

*1805 г. Луиджи Бруньятелли придумал способ нанесения гальванических покрытий. Отсюда пошли промышленные методы изготовления покрытий как для производственных, так и декоративных целей.*

*1807 г. Сэр Хэмфри Дэви разработал процесс электролиза для выделения металлов из солей, в частности калия, кальция, стронция, бария и магния. Создана основа электрометаллургии и электрохимии.*

*1816 г. Август Тавю разработал амальгаму из ртути и серебряных монет для пломбирования зубов. Получен дешевый материал для заполнения дырок в зубах – первый пример металлического биоматериала.*

*1822 г. Августин Коши сделал доклад о своей теории напряжений и деформаций перед Французской академией наук. Сформулировано первое научное определение напряжения как нагрузки, приходящейся на единицу площади поперечного сечения материала.*

*1827 г. Фридрих Велер выделил металлический алюминий, нагревая его хлорид с калием. Получен в чистом виде самый распространенный металл, составляющий земную кору.*

*1827 г. Вильгельм Альберт применил стальной канат для подъема грузов из шахты. Замена пенькового каната более прочным материалом позволила существенно увеличить высоту подъема и привела к экспоненциальному росту размеров конструкций.*

*1828 г. Павел Петрович Аносов открыл закалку в «сгущенном воздухе», обработку металлов холодом, газовую цементацию. Разработал метод строго научного анализа и научного толкования процессов производства стали. Доказал влияние кристаллической структуры на свойства сталей. Создал булатный клинок из литой стали (1837 г.). Опубликовал свой выдающийся труд «О булатах» (1841 г.) и др.*

*1844 г. Чарльз Гудиер придумал способ вулканизации резины. Стремительный прогресс во многих отраслях промышленности – от изготовления средств транспорта до электротехники.*

1848 г. Огюст Браве положил начало геометрической теории структуры кристаллов: он вывел (1848 г.) основные виды пространственных решёток и высказал гипотезу о том, что они построены из закономерно расположенных в пространстве точек.

1855 г. Жорж Адамар запатентовал искусственный шелк, сделанный из волокон внутреннего слоя коры шелковицы. Первое производство вискозы начало эру искусственных волокон, а в дальнейшем открыло новые области применения текстиля.

1856 г. Генри Бессемер запатентовал конвертерный кислый процесс производства низкоуглеродистой стали. Начало эры дешевого многотоннажного производства стали, быстрое развитие транспорта, строительства и общая индустриализация.

1861 г. Александр Михайлович Бутлеров заложил основы теории строения нового уровня организации вещества – химического (теория химического строения веществ), создав тем самым фундаментальную базу для развития индивидуальности химии и новых способов синтеза веществ и материалов посредством химической технологии.

1863 г. Эмиль и Пьер Мартен разработали «мартеновский» процесс плавки стали. Начало крупномасштабного производства стали общего назначения из смеси лома и железной руды – благодаря этому сталь превратилась в материал, который можно перерабатывать так много раз, как никакой другой.

1863 г. Генри Клифтон Сорби впервые использовал световой микроскоп для изучения микроструктуры стали. Начало использования фотометодов в металлургии. (Первым микроскоп для изучения структуры стали применил П.П. Аносов в 1831 г.) (Прим. П.Б. Шibaева).

1867 г. Альфред Нобель запатентовал динамит. Стали возможны крупномасштабные работы по добыче полезных ископаемых.

1869 г. Дмитрий Иванович Менделеев открыл Периодическую систему элементов. Создано бесценное руководство, без которого немислима работа материалововеда.

1876 г. Джозайя Виллард Гиббс опубликовал первую часть работы «О равновесии гетерогенных систем». Заложена основа современной термодинамики и физической химии – главных рабочих инструментов материалововеда.

1878 г. Уильям Сименс запатентовал электродуговую плавильную печь. Создана основа производства стали в электропечах.

1880 г. Пьер Мане построил первый конвертер для выплавки меди. Начало современного этапа медеплавильного производства.



1886 г. Чарльз Мартин Холл и Пьер Херо одновременно и независимо друг от друга открыли способ получения алюминия из его оксида с помощью электролиза. Алюминий превратился из драгоценной экзотики в конструкционный металл, который можно получать в промышленных масштабах.

1890 г. Адольф Мартенс исследовал микроструктуру твердой закаленной стали и обнаружил, что она отличается от структуры менее твердых сталей: зерна заполнены иголками и пластинками. Начало использования микроскопа для распознавания кристаллических структур и установления связи между структурой и свойствами.

1896 г. Пьер и Мария Кюри открыли радиоактивность. Начались исследования спонтанной радиации, а радиоактивные материалы стали применять в мирных и военных целях.

1898 г. Уильям Роберте-Остен построил диаграмму фазовых превращений для системы «железо – углерод» (на самом деле честь открытия критических точек этих фазовых превращений принадлежит Дмитрию Константиновичу Чернову, и сделал он это в 1868 г. Начались работы по тщательному исследованию этой важнейшей для металлургии фазовой диаграммы, а также была создана основа для разработки аналогичных диаграмм других систем. По значимости это сравнимо с обретением письменности, поскольку фазовые диаграммы для металлов – все равно, что буквы) (Прим. П.Б. Шibaева).

1900 г. Йохан Август Бринелль придумал, как измерять твердость металлов по размеру отпечатка индентора (стального шарика или алмазной пирамидки) на поверхности образца. Появился надежный и до сих пор используемый метод определения твердости практически любого металла.

1901 г. Чарльз Винсент Поттер разработал процесс флотации для отделения сульфидных минералов от пустой породы. Стало возможным крупномасштабное выделение металлов из все более бедных руд.

1904 г. Леон Жиллет разработал состав первой нержавеющей стали. Начало использования стали в условиях высокой коррозии (еще в 1828–1829 гг. П.П. Аносов установил влияние легирующих элементов (алюминий, платина, хром, серебро, кремний, марганец, титан и др.) на структуру и свойства стали, тем самым став зачинателем производства легированных сталей) (Прим. П.Б. Шibaева).

1906 г. Альфред Вильм обнаружил, что алюминиевые сплавы упрочняются за счет выделения мелких частиц. Появился первый высокопрочный алюминиевый сплав – дюралюминий.

1907 г. Лео Бакеланд синтезировал твердый терморезистивный полимер – бакелит, он же фенолформальдегидная смола. Начало эры пластиков и появление промышленности пластмасс (в 1909 г. С.В. Лебедев синтезировал из бутадиена полибутадиен, являющийся аналогом природного или натурального каучука) (Прим. О.С. Сироткина).

1909 г. Уильям Д. Куллидж методом порошковой металлургии получил упругую вольфрамовую проволоку, пригодную для использования в качестве источника света для лампы накаливания. Начало быстрого распространения электрических лампочек и создание порошковой металлургии.

1911 г. Каммерлинг Оннес во время исследования металлов при сверхнизких температурах открыл сверхпроводимость. Первый шаг к современным успехам в области низко- и высокотемпературной сверхпроводимости и созданию изделий на их основе.

1912 г. Макс фон Лауэ открыл дифракцию рентгеновских лучей на кристаллах. Спустя год независимо друг от друга Ю.В. Вульф и Уильям Генри Брэгг со своим сыном Уильямом Лоренсом вывели основную формулу рентгеноструктурного анализа, так называемое правило Вульфа – Брэггов. Начало рентгеноструктурных исследований кристаллических материалов.

1912 г. Альберт Сове опубликовал книгу «Металлография и термическая обработка чугуна и стали». Была введена парадигма «процесс – структура – свойства», которая по сей день остается главной парадигмой материаловедения.

1913 г. Нильс Бор опубликовал модель строения атома. Появилась теория, в соответствии с которой электроны обращаются на дискретных орбитах вокруг центрального ядра, а химические свойства элементов определяются количеством электронов на внешних орбитах.

### **Материаловедение в эпоху Новейшего времени (XX–XXI вв.)**

1918 г. Ян Чохральский создал метод выращивания больших монокристаллов металлов. Сегодня именно этим методом выращивают монокристаллы кремния для полупроводниковой промышленности.

1920 г. Герман Штаудингер предположил, что полимеры есть не что иное, как длинные цепочки однотипных звеньев, связанных между собой ковалентными связями. Появилась химия полимеров.

1925 г. Вернер Гейзенберг создал матричную механику, а Эрвин Шредингер – волновую и ввел нерелятивистское уравнение Шредингера для атомов. Создана основа квантовой механики.

1926 г. Уайльдо Лонсбури Сэмон создал поливинилхлорид. Появление самого распространенного пластикового конструкционного материала.

1926 г. Пауль Мерика запатентовал добавку малого количества алюминия в сплав на основе никеля – хрома и получил первый жаропрочный сверхсплав. Стало возможным создание двигателей для реактивных самолетов, ракет и мощных турбин тепловых электростанций.

1927 г. Клинтон Дэвиссон и Лестер Гермер экспериментально подтвердили волновую природу электрона. Эта работа лежит в основе современной твердотельной электроники.

1927 г. Арнольд Зоммерфельд применил квантовую механику к теории металлов Друдэ и создал теорию свободных электронов в металлах. Появление простой, но близкой к реальности модели поведения электронов в кристаллической решетке, которая послужила основой развития всей последующей физики твердого тела.

1928 г. Фриц Пфлюмер запатентовал магнитную ленту. Создана технология, которая привела к появлению различных устройств хранения данных от магнитофонных лент до жестких дисков.

1932 г. Арне Оландер открыл эффект памяти формы у сплава золота с кадмием. Это привело к разработке многочисленных материалов с памятью формы и их применению в медицине и многих отраслях техники.

1933 г. Макс Кноль и Эрнст Руска построили первый просвечивающий электронный микроскоп. Сделан еще один шаг внутрь структуры металла.

1934 г. Эгон Орован, Михаель Поляни и Г.И. Тейлор в трех независимых статьях предложили объяснить пластичность металлов зарождением и движением дислокаций. Создание основы механики твердого тела.

1935 г. Уоллес Хьюм Каротерс, Юлиан Хилл и группа других исследователей запатентовали нейлон. Это изобретение значительно сократило потребность в шелке и обеспечило стремительное развитие промышленности полимеров.

1937 г. Норман де Брюин разработал композитный материал гордон-аэролит, состоящий из высокопрочных волокон в матрице из фенольной смолы. Положено начало изготовлению фибергласов.

1937 г. Андре Гинье и Г.Д. Престон независимо друг от друга обнаружили полосы диффузии в стареющих сплавах системы «алюминий – медь». Привело к лучшему пониманию механизма упрочнения сплавов за счет выделяющихся в них мелких частиц.

1939 г. Отто Ган и Фриц Штрасман обнаружили расщепление ядра урана при его облучении нейтронами. Это послужило основой для создания ядерной энергетики и ядерного оружия.

1939 г. Руссель Ол, Джордж Саутворт, Джек Скафф и Генри Тьюерер обнаружили в кремнии области с электронной и дырочной проводимостью. Без этого вряд ли через восемь лет был бы создан первый транзистор.

1940 г. Вильгельм Кноль разработал экономически выгодный процесс получения титана. Появилась возможность массового производства высокочистого титана и изделий из него: от фюзеляжей самолетов до корпусов коррозионностойких реакторов.

1942 г. Фрэнк Спеддинг разработал эффективный процесс получения высокочистого урана из его галогенидов. Это обеспечило успешную разработку атомной бомбы.

1948 г. Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли создали транзистор. Появился главный элемент всей микроэлектроники.

1951 г. Билл Пфан придумал метод очистки металлов зонной переплавкой. Появление технологии, которую сейчас используют для получения сверхчистых материалов, например, полупроводников.

1952 г. Ник Холоньяк-младший разработал первый светодиод, излучающий почти в видимом диапазоне спектра. Начало использования сплавов из элементов III и V групп таблицы Менделеева в полупроводниковых устройствах, включая гетероструктуры с гетеропереходами и квантовыми стенками.

1954 г. Джеральд Пирсон, Дерил Чапин и Кальвин Фулер разработали солнечную батарею – первое устройство, способное превращать солнечный свет в электричество. Появление солнечной энергетики, а также технологии изготовления фотодетекторов.

1956 г. Питер Хирш с коллегами с помощью электронного микроскопа подтвердил существование дислокаций в металлах. Была подтверждена не только дислокационная теория, но и продемонстрирована мощь электронных микроскопов.

1958 г. Джек Килби собрал емкости, сопротивления, диоды и транзисторы на одной германиевой подложке, получив микросхему. Создание основы всех нынешних быстродействующих компьютеров и средств связи.

1958 г. Франк Вер-Шнайдер разработал метод направленной кристаллизации турбинных лопаток, состоящих из огромных столбчатых кристаллов. Это революционное решение позволило существенно повысить температуру работы реактивных двигателей, что обеспечивает авиакомпаниям немалую экономию топлива.

1959 г. Пол Дувей, используя быстрое охлаждение, получил сплав золото – кремний в аморфном состоянии. Создание первого металлического стекла – перспективного класса новых материалов.

1959 г. Ричард Фейнман выступил на собрании Американского физического общества со знаменитым докладом «Внизу есть немало свободного места». Введена концепция нанотехнологии.

1959 г. Артур Роберт фон Хиппель опубликовал книгу «Молекулярная наука и молекулярная инженерия». Создана научная дисциплина, предметом которой служит разработка новых материалов на основе знания о поведении отдельных молекул.

1964 г. Стефания Кволек создала высокопрочный, легкий пластик – кевлар. Кевларовые волокна – непременный компонент современных композитов, из которых делают огромное количество вещей – от шин до бронезилетов.

1965 г. Компания «Кембридж инструментс» разработала первый растровый микроскоп, способности которого многократно превосходят возможности светового микроскопа.

1966 г. Карл Стрнат с коллегами обнаружил магнитокристаллическую анизотропию в соединениях кобальта с редкоземельными металлами. Создание чрезвычайно мощных постоянных магнитов на основе систем «самарий – кобальт», а позднее – «неодим – железо – бор» и их применение в различных устройствах.

1970 г. Джеймс Фергасон, используя полевой эффект перекрученных нематиков, создал первый работающий жидкокристаллический дисплей. Результат полностью преобразил множество изделий, начиная от компьютерных дисплеев и телевизоров и заканчивая медицинскими приборами.

1970 г. Боб Маурер, Петер Шульц и Дональд Кек создали оптическое волокно, через которое свет проходит с малыми потерями. Революция в телекоммуникациях.

1977 г. Хидеки Сиракава, Алан Мак-Диармид и Алан Хеегер обнаружили электропроводящие полимеры. Создание плоских дисплеев на органических светодиодах, эффективных солнечных батарей и оптических фотоумножителей.

1981 г. Генрих Рорер и Герд Карл Биннинг создали туннельный сканирующий микроскоп. Появилась возможность рассматривать структуру поверхности с атомной точностью.

1985 г. Роберт Керл-младший, Ричард Смалли и Гарольд Уолтер Крото обнаружили, что атомы углерода иногда собираются в сферы из

60 атомов, получившие название «бакиболы» или «фуллерены». Возникло мнение, что углерод способен образовывать бесчисленное множество структур.

1986 г. Йоханн Беднорц и Карл Мюллер создали высокотемпературную сверхпроводящую керамику на основе системы «иттрий – барий – медь – кислород». Открылась возможность широкомасштабного применения сверхпроводящих материалов.

1989 г. Дон Эйглер с помощью туннельного микроскопа написал слово «IBM» ксеноновыми атомами. Продемонстрирована возможность манипулирования отдельными атомами и создания наноструктур.

1991 г. Сумио Иизима обнаружил углеродные нанотрубки. Появился очередной перспективный материал, поскольку нанотрубки в 100 раз прочнее стали, а весят в 6 раз меньше. К тому же они обладают необычными тепловыми и электрическими свойствами.

1991 г. Эли Яблонович сделал фотонный кристалл, который способен остановить свет определенной длины волны. Это устройство представляет собой обычный кристалл, в котором просверлена система дырок. Они-то и заключают свет в ловушку. Создана основа для получения фотонных транзисторов.

1992 г. Олег Семенович Сироткин разработал единую (для трех ее разновидностей) модель химической связи и Систему химических связей и соединений (СХСС) как альтернативу Периодической системе физических соединений элементарных частиц – атомов Д.И. Менделеева.

(Вышеприведенная периодизация развития материаловедения и выделение исторических периодов материаловедения: до нашей эры, Ренессанса (XIV–XVI вв.), Нового времени (XVII–IX вв.) и Новейшего времени (XX–XXI вв.) является достаточно условной. Это связано с тем, что данная периодизация привязана к традиционному выделению этапов развития общей культуры человечества и не привязана к появлению качественных скачков эволюционного развития этой дисциплины, приведенных на рис. 8 и связанных с появлением и использованием на практике качественно новых материалов) (Прим. О.С. Сироткина).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Аносов П.П. Собр. соч. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 208 с.
2. Берлин А.А. Соревнование с природой – 1:1 / А.А. Берлин // Химия и жизнь – XXI век. – 2005. – № 2. – С. 6–9.
3. Бернштейн М.Л. Механические свойства металлов / М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1979. – 495 с.
4. Блох Г.А. Органические ускорители вулканизации и вулканизирующие системы для эластомеров / Г.А. Блох. – Л.: Химия, 1978. – 240 с.
5. Булатов Г.А. Пенополиуретаны в машиностроении и строительстве / Г.А. Булатов. – М.: Машиностроение, 1978. – 183 с.
6. Булатов Г.А. Полиуретаны в современной технике / Г.А. Булатов. – М.: Машиностроение, 1983. – 272 с.
7. Ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение / Ван Флек, Х. Лоренс. – М.: Атомиздат, 1975. – 472 с.
8. Венецкий С.И. Загадки и тайны мира металлов / С.И. Венецкий. – М.: Изд-во МИСИС, 1999. – 376 с.
9. Волков В.А. Выдающиеся химики мира / В.А. Волков, Е.В. Вонский, Г.И. Кузнецова. – М.: Высш. шк., 1991. – 656 с.
10. Выпускники – гордость технологического университета: Крат. библиограф. справочник / под ред. В.П. Барабанова. – Казань: КГТУ, 2010. – С. 366–367.
11. Гофманн В. Вулканизация и вулканизирующие агенты: Пер. с нем. / В. Гофманн. – Л.: Химия, 1968. – 464 с.
12. Д.К. Чернов и наука о металлах / под ред. акад. Н.Т. Гудцова. – М.: Гос. науч.-технич. изд-во лит-ры по черной и цветной металлургии, 1950. – 563 с.
13. Данилевский В.В. Русская техника / В.В. Данилевский – 2-е изд. доп. – Л.: Ленингр. газетно-журн. и книжн. изд-во, 1949. – 548 с.
14. Донцов А.А. Процессы структурирования эластомеров. – М.: Химия, 1978. – 288 с.
15. Ильин А.К. Нетрадиционная энергетика. Ресурсы и технические возможности / А.К. Ильин, О.П. Ковалев. – Владивосток: ДВО РАН, 1994. – 40 с.
16. Крестовников А.Н. Академик Николай Семенович Курнаков: Работы в области цветной металлургии / сост. А.Н. Крестовников; А.С. Шахов; под ред. Г.Г. Уразова. – М.: Металлургиздат, 1954. – 406 с.
17. Кривошей В.Н. Тара из полимерных материалов / В.Н. Кривошей. – М.: Химия, 1990. – 398 с.

18. Кто есть кто в Российской химии: Справочник. – М.: РХО им. Д.И. Менделеева, 2004. – С. 256.

19. Лунев В.Е. Познакомьтесь с медью / В.Е. Лунев. – М.: Metallurgia, 1965. – 84 с.

20. Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / под ред. С.И. Вавилова. – М., Л.: Гос. изд-во техн.-теоретич. лит-ры, 1948. – 40 с.

21. Маршакова-Шайкевич И.В. Вклад России в развитие науки: библиометрический анализ / И.В. Маршакова-Шайкевич. – М.: ТОО «Янус», 1995. – 248 с.

22. Махлис Ф.А. Терминологический справочник по резине / Ф.А. Махлис, Д.Л. Федюкин. – М.: Химия, 1989. – 400 с.

23. Н.А. Минкевич – выдающийся ученый-инженер / под ред. д-ра техн. наук проф. Б.Г. Лившица. – М.: Гос. науч.-технич. изд-во машиностро. лит-ры, 1955. – С. 5–37.

24. Пешкин И.С. Аносов / И.С. Пешкин. – Челябинск: Южно-Уральское книжн. изд-во, 1987. – С. 204–205.

25. Подчайнова И.Г. Аналитическая химия меди / И.Г. Подчайнова, Э.Н. Симонова. – М.: Наука, 1990. – 279 с.

26. Полухин П.Т. Жизнь и деятельность Д.К. Чернова / П.Т. Полухин. – Молотов: Молотовское книжн. изд-во, 1953. – С. 42–59.

27. Попова Л.Ф. От лития до цезия / Л.Ф. Попова. – М.: Просвещение, 1972. – 127 с.

28. Ученые России. Энциклопедия / под ред. М.Ю. Ледванова. – М.: Академия естествознания, 2010. – Т. 6. – С. 617–618.

29. Сироткин О.С. Интегрально-дифференциальные основы унитарной концепции естествознания (Парадигма многоуровневой организации материи как естественная основа многообразия и единства природы объектов системы Мироздания) / О.С. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2011. – 268 с.

30. Сироткин О.С. Химия на пороге XXI века (О месте химии в современном мире, индивидуальности и единстве ее фундаментальных начал) / О.С. Сироткин. – Казань: КХТИ, 1998. – 120 с.

31. Сироткин О.С. Анализ способности атомов элементов к образованию гомо- и гетероцепных полимеров: Метод. указания / О.С. Сироткин. – Казань: КХТИ, 1992. – 32 с.

32. Сироткин О.С. Безуглеродные полимеры: Учеб. пособие / О.С. Сироткин. – Казань: КХТИ, 1992. – 80 с.



33. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения) / О.С. Сироткин. – 2-е изд., доп. – Казань: КГЭУ, 2004. – 212 с.

34. Сироткин О.С. Начало единой химии (Унитарность как основа формирования индивидуальности, раскрытия уникальности и фундаментальности химической науки) / О.С. Сироткин. – Казань: Изд-во АН РТ «Фен», 2003. – 252 с.

35. Сироткин О.С. Неорганические полимерные вещества и материалы (безуглеродные макромолекулы и полимеры) / О.С. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2002. – 287 с.

36. Сироткин О.С. Основы инновационного материаловедения / О.С. Сироткин. – М: Инфра-М, 2011. – 158 с.

37. Сироткин О.С. Основы материаловедения: Учеб. пособие / О.С. Сироткин. – М.: КНОРУС, 2014. – 264 с.

38. Сироткин О.С. Основы теоретического материаловедения (Инновационный аспект единства природы и различий структуры и свойств металлов и неметаллов): Учеб. пособие / О.С. Сироткин, Р.О. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2010. – 300 с.

39. Сироткин О.С. Основы физикохимии неорганических (безуглеродных) полимеров: Конспект лекций / О.С. Сироткин. – Казань: КХТИ, 1990. – 52 с.

40. Сироткин О.С. Поздравляем с юбилеем! / под ред. М.Ю. Ледванова // Успехи современного естествознания. – М.: Академия естествознания, 2009. – № 10. – С. 112–113.

41. Сироткин О.С. Теоретические основы общего материаловедения / О.С. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2007. – 348 с.

42. Сироткин О.С. Характеристики гомо- и гетероядерных связей тонкой электронно-ядерной структуры и их влияние на свойства металлических и неметаллических материалов / О.С. Сироткин, Р.О. Сироткин, А.М. Трубочева. – Казань: КГЭУ, 2009. – 303 с.

43. Сироткин О.С. Химическая технология безуглеродных (неорганических) полимеров и материалов на их основе: Учеб. пособие / О.С. Сироткин. – Казань: КХТИ, 1994. – 88 с.

44. Сироткин О.С. Химия на своем месте / О.С. Сироткин // Химия и жизнь. – 2003. – № 5. – С. 26–29.

45. Сироткин Р.О. Структура металлических и неметаллических материалов / Р.О. Сироткин, О.С. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2006. – 92 с.

46. Сироткин О.С. Эволюция теории химического строения вещества А.М. Бутлерова в унитарную теорию строения химических соединений (основы единой химии): Монография / О.С. Сироткин. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 247 с.

47. Сироткин Р.О. Электронно-ядерная, молекулярная и надмолекулярная структура полимерных материалов и их физико-механические свойства («состав – тип связи – структура – свойства» в полимерах и металлах) / Р.О. Сироткин. – Казань: КГЭУ, 2007. – 220 с.
48. Тамм И.Е. Яков Ильич Френкель / И.Е. Тамм // Успехи физических наук. – 1962. – Т. 76, вып. 3. – С. 397–430.
49. Татарская энциклопедия / под ред. М.Х. Хасанова. – Казань: Институт ТЭ, 2010. – Т. 5. – С. 330.
50. Татарский энциклопедический словарь / под ред. М.Х. Хасанова. Казань: Иститут ТЭ, 1999. – С. 519.
51. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели / М. Уилсон; под ред. Н. Тренивой; пер. с англ. В. Рамзеса. – М.: Знание, 1975. – 136 с.
52. Уразов Г.Г. Академик Н.С. Курнаков – создатель физико-химического анализа: стенограмма публичной лекции, прочитанной в Центральной лектории Общества в Москве / Г.Г. Уразов. – М.: Знание, 1952. – 24 с.
53. Фигуровский Н.А. Открытие элементов и происхождение их названий / Н.А. Фигуровский. – М.: Наука, 1970. – 207 с.
54. Фигуровский Н.А. Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX века / Н.А. Фигуровский. – М.: Наука, 1969. – 455 с.
55. Френкель В.Я. Яков Ильич Френкель / В.Я. Френкель. – М.; Л.: Наука, 1966. – 471 с.
56. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов: в 2 частях / Я.Б. Фридман. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 368 с.
57. Хардвик Д. Рождение металлографии – работа Генри Клифтона Сорби (1826–1908) / Д. Хардвик и М. Уильямс // Бюллетень Канадского института горного дела и металлургии. – 1980. – Т. 73, № 813. – С. 143–144.
58. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы / Ф.Ф. Химушин. – М.: Металлургия, 1969. – 752 с.
59. Чистов Ю.Д. Научные и философские аспекты строительного материаловедения / Ю.Д. Чистов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. – № 1. – С. 78–80.
60. Шефтель В.О. Вредные вещества в пластмассах / В.О. Шефтель. – М.: Химия, 1991. – 544 с.
61. Энциклопедии полимеров: в 3 т. / гл. ред. В.А. Каргин. – М.: Сов. энцикл., 1972. – 77 с.
62. Eduvean R.G.J. Металлургические работы Генри Клифтона Сорби и аннотированный каталог его сохранившихся металлургических образцов / R.G.J. Eduvean, K. Hammond // Историческая металлургия. – 1997. – Т. 31, № 2. – С. 54–85.

63. Hammond K. Вклад Генри Клифтон Сорби к изучению отраженного света микроскопии железа и стали / K. Hammond // Историческая металлургия. – 1989. – Т. 23, № 1. – С. 1–8.

64. Judd Y.W. Henry Clifton Sorby and the birth of microscopical petrology / Y.W. Judd // Geologicalmagazine. – 1908. – Vol. 5.

### Электронные ресурсы

1. Бакелит. – URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/120743>.  
Дата обращения: 20.03.2014.

2. Бакелит: 100 лет славы. – URL: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=852](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=852). Дата обращения: 20.03.2014.

3. И.В. Маршакова-Шайкевич. Сравнительный анализ вклада стран в общемировой прогресс науки. – URL: <http://www.biometrica.tomsk.ru/a27.htm>. Дата обращения: 20.03.2014.

4. История стекла. – URL: <http://www.oknapnz.ru/istoriya-stekla.html>.  
Дата обращения: 20.03.2014.

5. Курнаков Н.С. «...составляет основу металлографии». – URL: [http://metal.scud.ru/miscellaneous/arrange\\_foundations\\_metallography.php](http://metal.scud.ru/miscellaneous/arrange_foundations_metallography.php).  
Дата обращения: 20.03.2014.

6. Металлография. – URL: <http://www.eurostal.by/netallografiya.html>.  
Дата обращения: 20.03.2014.

7. Определение твердости металла. – URL: <http://веб-механик.рф/obschetechnicheskie-svedeniya/svoystva-aterialov/opredelenie-tverdosti-metalla.html>. Дата обращения: 20.03.2014.

8. Родина производства стекла. – URL: <http://www.zavodstekla.ru/zastekpod.htm>. Дата обращения: 20.03.2014.

9. Химия и производство. – URL: <http://www.lformula.ru/index.php?part=him007&page=029>. Дата обращения: 20.03.2014.

10. The Materials Science and Engineering Community Around the Globe Has Spoken! – URL: [http://www. http://www.materialmoments.org](http://www.materialmoments.org). Дата обращения: 20.03.2014.

11. Скоростной метод обжига кирпича. – URL: <http://domremstroy.ru/stroy/kirpich.html>. Дата обращения: 20.03.2014.

12. Техника – молодёжи 1951-05, страница 24. – URL: <http://zhurnalko.net/=nauka-i-tehnika/tehnika-molodezhi/1951-05--num24>. Дата обращения: 20.03.2014.

13. Интересные факты. – URL: <http://yiyi.ru>. Дата обращения: 20.03.2014.

14. Для любознательных: тайны дамасской стали. – URL: <http://рохе.ru/other/1166318495-dlja-ljuboznatelnykh-tajjny-damasskojj.html>. Дата обращения: 20.03.2014.

15. Словари и энциклопедии на Академике. – URL: <http://dic.academic.ru>. Дата обращения: 20.03.2014.

16. Загадки Аркаима. – URL: <http://www.kinologovo.com/t1266-topic>. Дата обращения: 20.03.2014.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ****ОЛЕГ СЕМЕНОВИЧ СИРОТКИН**

Основатель и заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Казанского государственного энергетического университета, профессор, доктор технических наук, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, действительный член Российской академии естествознания (РАЕ), заслуженный деятель науки и образования, основатель научной школы РАЕ. За успехи в развитии отечественной науки и образования награжден одной серебряной и двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР, золотой медалью В.И. Вернадского и дипломом РАЕ «Золотая кафедра России». Является основателем «научной школы интегрально-дифференциального совершенствования теории и практики единой химии (включая органические и неорганические соединения и полимеры), унитарного материаловедения и естествознания в целом».



Олег Семенович родился 4 июля 1949 г. в поселке Леонидово на острове Сахалин в семье военнослужащего. В 1966 г. окончил среднюю школу в г. Казани, поступил на работу в качестве токаря на завод и на вечернее отделение Казанского химико-технологического института им. С.М. Кирова, затем перевелся на дневное отделение и в 1972 г. окончил обучение на кафедре технологий пластмасс полимерного факультета этого института по специальности «Технология переработки пластических масс» с присвоением квалификации «инженер-технолог». После окончания института был оставлен на кафедре технологий пластических масс (ТПМ) инженером, в 1975 г. стал старшим инженером и в октябре этого же года поступил в аспирантуру при этой же кафедре. В 1978 г. закончил аспирантуру и успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Химия высокомолекулярных соединений» на тему «Газофазный синтез полифосфатов, их некоторые свойства и применение». С этого же года работал в должности ассистента, а с 1981 г. доцентом кафедры технологии неорганических веществ Казанского химико-технологического института (КХТИ). Активная работа по развитию своего

научного направления в химии и технологии полимеров привела к переводу О.С. Сироткина в 1986–1988 гг. на должность старшего научного сотрудника и далее доцента кафедры ТПМ этого же института для завершения докторской диссертации.

Олег Семенович – крупный ученый. Он трудится в оригинальной области химии, технологии и материаловедения – неорганических (безуглеродных) высокомолекулярных соединений (ВМС) и материалов на их основе. После защиты кандидатской диссертации он продолжил работу над докторской диссертацией и в 1989 г. после окончания докторантуры в срок представил диссертацию на тему «Безуглеродные полимерные элементооксаны» по специальности 02.00.06 – «Химия высокомолекулярных соединений». Основные идеи диссертации созрели к 1985 г., а первый вариант был представлен в 1987 г. Но лишь 11 января 1993 г. Сироткину удалось выйти на официальное обсуждение работы. В силу ее нетрадиционности, оригинальности, а также отсутствия фактов защиты подобных работ в Ученых Советах по вышеуказанной полимерной специальности (попытки профессоров Ю.С. Черкинского и В.В. Герасимова оказались не удачными) ему пришлось проявить высокую научную принципиальность, последовательность и терпение, а также научную эрудицию, чтобы убедить научную общественность университета и специалистов в химии ВМС в необходимости, обоснованности и важности создания подобного прецедента. Особое значение при этом имели его научные контакты с академиками и профессорами В.В. Коршаком, Н.А. Платэ, И.В. Тананаевым, С.Я. Френкелем, В.В. Киреевым, Е.В. Кузнецовым, В.П. Архиреевым и многими другими. В результате в 1993 г. на Ученом Совете Российского химико-технологического университета О.С. Сироткиным была успешно защищена вышеуказанная докторская диссертация и заложено *новое научное направление в химии высокомолекулярных соединений – неорганические (безуглеродные) полимеры со связями элемент – кислород*. Таким образом впервые *де-юре и де-факто* была доказана и признана фундаментальная и практическая целесообразность объединения интересов органической полимерной и неорганической химий и технологий.

Основная причина такой задержки в сроках ее защиты вскрыта оппонентом профессором С.Я. Френкелем в его официальном отзыве на эту работу: «Препятствием являлась ... та самая новизна, на которой оппоненты, по действующему положению, должны концентрировать внимание. В данном случае новизна сводилась к перемещению акцентов в словах «неорганические полимеры» со слова «неорганические» на слово

«полимеры». Будучи автором статьи под таким названием в «Энциклопедии полимеров» (т. 2, 1974 г.), я на собственном опыте испытал, как труден этот, казалось бы, «пустячок». Довольно трудно вдруг признать, что земная кора примерно на 75 % состоит из полноценных высокомолекулярных соединений».

Фактически же в результате этой защиты был создан первый прецедент в РФ и за рубежом, показывающий не только возможность, но и необходимость рассмотрения типичных неорганических (безуглеродных) объектов полимерной природы по классическим полимерным специальностям. Реально де-факто и де-юре произошло объединение теории и практики веществ полимерной природы независимо от их формальной принадлежности к органическим и неорганическим веществам. Это, как теперь стало ясно, имеет не только фундаментальное (создание единой универсальной теории полимерообразования, единой теории химической связи и химии в целом; впервые заложены основы системы химических соединений и т.д.), но и практическое значение как в плане расширения сырьевой базы полимерной химии и технологии, так и в плане совершенствования традиционных неорганических производств через раскрытие специфики и использование особенностей полимерной природы и свойств соответствующих неорганических соединений и, конечно, для получения материалов качественно нового поколения с комплексом свойств, не присущих традиционным материалам.

Результаты диссертации О.С. Сироткина впервые позволили: – обобщить основные теоретические положения, определяющие способность элементов Периодической системы Д.И. Менделеева к образованию гомо- и гетероцепных неорганических макромолекул и полимеров на их основе, в том числе определить местоположение существования химических соединений в виде макромолекул на площади «химического треугольника», построенного им в 1992 г. в результате направленной попытки объединения всех типов химических связей и соединений, опираясь на единство их природы и различий в типах химических связей, любых типов химических веществ;

– определить роль такого типичного «элемента-органогена», как кислород, в качестве главного цепеобразующего элемента в химии гетероцепных ВМС и безуглеродных (неорганических) макромолекул (своеобразного антипода углерода) и полимеров на их основе;

– предложить классификацию элементов Периодической системы Д.И. Менделеева по их вкладу (цепеобразующие и модифицирующие) в построение гетероцепных макромолекул (1985 г.), на ее основе сделать прогноз о возможности синтеза новых макромолекул (1987 г.) и успешно

подтвердить его на примере синтеза нового класса неорганических гетероцепных макромолекул со связями «сурьма – азот» в основной цепи, неорганических смол и антипиренов на их основе (1990–1995 гг.);

– обнаружить и сформулировать явление структурно-химической анизотропии макромолекул и структуры материалов (1977–1990 гг.);

– решить научно-техническую проблему разработки новых газо- и жидкофазных методов синтеза неорганических полиэлементооксидов и материалов (полифосфатные, полиборатные, полисиликатные стекла, керамика, огнеупоры, покрытия и т.д.) на их основе (1972–1992 гг.).

В результате разработаны десятки новых способов и технологических процессов получения неорганических стеклообразных покрытий различного функционального назначения, способов сварки металлов и неметаллов, связующих, вяжущих и материалов на их основе (бетоны, плитки, кирпич и т.д.), составов керамических композиционных материалов.

О.С. Сироткин разработал газофазный метод синтеза изо- и анизотропных неорганических полиэлементооксидов (полисиликаты, полифосфаты, полибораты и т.д.) и способы сварки металлических и неметаллических материалов, получил по газо- и жидкофазной технологиям стеклообразные покрытия различного функционального назначения, неорганические стекла, связующие, вяжущие, эластомеры, керамические плитки горячего и холодного отверждения и композиционные материалы. Значительная часть результатов внедрена и прошла апробацию в промышленности (Казанский комбинат стойматериалов, Агрызский завод стройматериалов, производственное объединение «Химволокно» (г. Могилев), предприятия Министерства электронной промышленности СССР, ГКНПЦ ракетно-космического завода им. М.В. Хруничева и т.д.). О.С. Сироткин внес значительный вклад в развитие теоретических и практических аспектов материаловедения. Научные разработки внедрены на предприятиях РТ и Министерства электронной промышленности РФ.

Затем, развивая теорию *химического строения вещества* А.М. Бутлерова, О.С. Сироткин предложил свою концепцию развития химии, раскрывающую ее индивидуальность и отличия от физики. Смысл ее заключается в необходимости рассмотрения химии как единой фундаментальной естественной самостоятельной науки (теория единой химии), включая создание *единой модели химической связи* с разработкой методов оценки двух (ковалентной и металлической) или трех (плюс ионной) ее компонент и *Системы химических связей и соединений* (СХСС)



в виде «химического треугольника». На основе этого предсказал (1987 г.), а затем синтезировал с сотрудниками Л.А. Теницким и М.В. Баталиной (1991 г.) и исследовал свойства нового класса неорганических гетероцепных макромолекул со связями «сурьма – азот» в основной цепи и полимерных материалов на их основе (полистибазаны или полистибазены).

О.С. Сироткин включен в библиографическую энциклопедию успешных людей России «Who is Who in Russia» (Швейцария, 2010 г.) как создатель химической системы – СХСС, объединяющей реальные химические вещества (гомо- и гетероядерные соединения элементов), в качестве альтернативы физической системе атомов в виде Периодической системы Д.И. Менделеева.

После защиты докторской диссертации с 1993 г. работал профессором кафедры ТПМ Казанского государственного технологического университета (КХТИ), в 1994–1997 гг. – директор учебно-методического центра КХТИ. В 2001 г. О.С. Сироткин перешел в Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ), где он организовал и основал кафедру материаловедения и технологии материалов (МВТМ) и заведует ею по настоящее время. Был проректором по научной работе (2002–2003 гг.), является членом двух специализированных советов по защите диссертаций, редколлегии журнала «Вестник КГЭУ», членом Президиума, а также заместителем председателя научно-методического совета «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» Приволжского регионального округа Министерства образования и науки РФ, научно-технической комиссии и Ученого Совета КГЭУ.

В рамках данного направления защищены кандидатские диссертации по материаловедению аспирантами кафедры МВТМ КГЭУ А.М. Трубачевой, С.Н. Ивановой, П.Б. Шибаевым.

Олег Семенович – автор и соавтор более 500 научных и методических работ, включая 7 монографий (6 из них без соавторов), 10 учебных пособий (3 с грифом УМО РФ) и 40 авторских свидетельств и патентов на изобретения СССР и РФ. Подготовил более 10 кандидатов наук.

К его наиболее значимым научным достижениям можно отнести создание и развитие: *научного направления по безуглеродным (неорганическим) высокомолекулярным соединениям со связями Э–О и полимерам на их основе* (1992 г.); *теории единой (унитарной) химии* (2003 г.), *включая разработку единой (для трех ее разновидностей) модели химической связи и Системы химических связей и соединений (СХСС)*

как альтернативы Периодической системе физических соединений элементарных частиц – атомов Д.И. Менделеева (1992 г.); парадигмы многоуровневой организации материи, вещества и Системы Мироздания в целом (1998–2011 гг.); базисных инноваций, раскрывающих единство природы и специфику структуры и свойств металлических и неметаллических материалов, как основы современного материаловедения (1992–2009 гг.). К последним относятся: Система базовых (основных и производных) понятий; унифицированная классификация основных уровней структуры; единая универсальная модель связи элементов тонкой химической структуры материалов и Система химических связей и соединений (СХСС), объединяющая «чистые» металлы и неметаллы и раскрывающая общий характер влияния исходной тонкой химической микроструктуры на последующие уровни их структурной организации и специфику их свойств, включая оценку индивидуального вклада различных уровней в характеристику конкретного свойства.

#### ПАВЕЛ БОРИСОВИЧ ШИБАЕВ



Кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов Казанского государственного энергетического университета.

Павел Борисович Шibaев родился 16 декабря 1980 г. в г. Казани, в семье рабочих. После окончания института сразу поступил в очную аспирантуру при кафедре МВТМ КГЭУ (2003–2006 гг.). 26 декабря 2006 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 «Материаловедение (машиностроение)» под научным руководством доцента Ростислава Олеговича Сироткина, в июне 2007 г. решением ВАК ему присуждена ученая степень кандидата технических наук. Был оставлен для работы на этой кафедре в должности ассистента (с ноября 2006 г. по декабрь 2007 г), далее в должности старшего преподавателя (с декабря 2007 г. по июль 2011 г.), с сентября 2011 г. по настоящее время работает в должности доцента кафедры и заместителем заведующего кафедрой по научной работе.

Начиная с институтской скамьи (1998 г.) и по настоящее время жизнь П.Б. Шибаяева связана с научными исследованиями в области химии, материаловедения и нанотехнологии. Своим наставником и учителем всегда считал и считает доктора технических наук, профессора Олега Семеновича Сироткина.

Павел Борисович является автором и соавтором работ по изучению влияния компонент химической связи на величину Ван-дер-Ваальсового межмолекулярного взаимодействия (определяющих в совокупности специфику тонкого уровня структурной организации полимеров) и далее на ряд физических, механических, теплофизических и других свойств полимерных материалов, применяемых в энергетике и машиностроении. В его диссертационной работе впервые количественно подтверждена вторичность межмолекулярного взаимодействия от химического и выявлен характер влияния компонент связей на компоненты межмолекулярного взаимодействия в веществах, образованных низкомолекулярными соединениями, а также высокомолекулярных соединениях и образуемых ими полимерных материалах.

Кроме того, впервые найдены зависимости физико-механических, теплофизических свойств от компонент химической связи элементов тонкой структуры материала, усовершенствованы методики расчета компонент химических связей в низкомолекулярных, а также высокомолекулярных соединениях, образующих полимерные материалы. Научные интересы П.Б. Шибаяева включают:

- разработку алгоритмов прогнозирования физических, механических, теплофизических и других свойств новых полимерных материалов на основе химической интерпретации метода связевых вкладов и создание на его базе компьютерных программ;

- создание подходов, позволяющих оценить «свободные валентности» периферийных атомных остовов наночастиц и, как следствие, их химическую активность, которая лежит в основе всех их уникальных свойств, что способствует развитию более глубокого понимания процессов, происходящих в наночастице, и намечает путь для создания научной теории, лежащий в основе всей нанотехнологии;

- работы в области развития, совершенствования и систематизации метаязыка материаловедения;

- написание компьютерных программ с дополненной реальностью на Android.

По данному научному направлению Павлом Борисовичем опубликовано более 80 работ, из них более 20 статей, 15 из которых в центральной печати, результаты доложены на Международных научных конференциях и симпозиумах.

П.Б. Шибает в 2010 г. стал победителем конкурса «Пятьдесят лучших инновационных идей для Республики Татарстан» в номинации «Старт инноваций» с проектом: «Разработка программного обеспечения для проектирования полимерных материалов и прогнозирования их свойств на основе интерпретации метода связевых вкладов», а также Федеральной целевой программы «Научно- и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., неоднократно награжден почетными грамотами ректората КГЭУ, мэрии г. Казани, дипломами научных конференций, симпозиумов российского и международного уровней.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	5
Глава 1. Общая характеристика исторического развития материаловедения .....	9
1.1. Краткая характеристика этапов развития материаловедения .....	10
1.2. Достижения отечественной науки, техники и промышленности в области материалов .....	20
1.2.1. Природные материалы .....	28
1.2.1.1. Древесина .....	28
1.2.1.2. Камень .....	29
1.2.2. Искусственные материалы .....	30
1.2.2.1. Керамика и силикатный кирпич .....	30
1.2.2.2. Вяжущие .....	32
1.2.2.3. Бетоны .....	34
1.2.2.4. Металлы .....	35
1.3. Роль металлов, керамики и полимеров как строительных материалов в народном хозяйстве и историческом развитии цивилизации .....	38
1.4. Ученые металлурги и металловеды России .....	48
Глава 2. Искусственные материалы и технологии их получения до нашей эры .....	51
2.1. Стекло .....	51
2.1.1. История получения стекла .....	51
2.1.2. Состав и свойства традиционных стекол с древнейших времен и до наших дней .....	56
2.2. Медь. История получения меди и ее сплавов .....	59
Глава 3. Материалы и технологии их получения в эпоху Ренессанса (XIV–XVI века). Вклад отдельных личностей в развитие материаловедения этого периода .....	64
Глава 4. Материалы и технологии их получения в эпоху Нового времени (XVII–XIX века). Вклад отдельных личностей в развитие материаловедения этого периода .....	88

Глава 5. Материалы и технологии их получения в эпоху Новейшего времени (XX–XXI века). Вклад отдельных личностей в развитие материаловедения этого периода .....	143
Глава 6. Материаловедение XXI века .....	217
6.1. История эволюции расширения номенклатуры материалов практически используемых человечеством .....	217
6.2. Объемы мирового производства основных типов материалов в XXI веке .....	224
Заключение .....	226
Приложение. Хронология достижений материаловедения в разные исторические периоды .....	228
Библиографический список .....	239
Сведения об авторах .....	245

*Учебное издание*

**Сироткин Олег Семенович,  
Шибяев Павел Борисович**

**ИСТОРИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Учебник по дисциплине  
«История развития материаловедения»

Кафедра материаловедения и технологии материалов КГЭУ

Редактор издательского отдела *М.С., Беркутова*  
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*  
Дизайн обложки *С.А. Горявина*

Подписано в печать 29.09.14.  
Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 15,05. Уч.-изд. л. 16,70. Тираж 500 экз. Заказ 4824

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,  
420066, Казань, Красносельская, 51

