
III. Науково-організаційна діяльність

УДК 621.762

Д. А. Левина, Л. И. Чернышев, И. И. Белан

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В XXI ВЕКЕ

У статті наведений огляд прогнозних досліджень розвитку матеріалів, проведених європейськими експертами для визначення пріоритетних напрямків науково-технічного співробітництва за Європейської Рамкової програми FP7 та програми на 2014–2020 роки (Horizon 2020).

***Ключові слова:** великі європейські виклики, матеріалознавство, нанотехнології, передові матеріали, інвестиції, перспективні сектори для інвестування.*

Украинским материаловедам, представляющим значительную часть европейского материаловедческого сообщества, следует познакомиться с прогнозами и тенденциями развития науки о материалах, прикладных исследований и промышленной реализации материаловедческих результатов в Европе. Данная статья посвящена анализу перспектив развития в Европе передовых материалов, на основе прогнозных материаловедческих исследований, проведенных на протяжении последних десяти лет по инициативе Европейской Комиссии [1–3].

Эксперты ЕС считают, что академические научно-исследовательские учреждения отдельных государств-членов Европейского Союза внесли значительный вклад в успех передовых технологий и создание здоровой конкурентной среды в промышленности. Однако, эти институты и отдельные центры, традиционно поддерживаемые за счет национальных ресурсов, не в состоянии обеспечить лидерство Европы в условиях жесткой конкуренции со стороны Северной Америки, Восточной Азии и других развивающихся стран мира. Поэтому в европейском сотрудничестве для повышения креативности и эффективности результатов исследований абсолютно необходимо объединить усилия лучших научно-исследовательских центров стран-членов ЕС, особенно в тех областях, где базовые исследования, как ожидается, могут создать или расширить новые возможности европейской промышленности.

Для стимулирования промышленного роста, динамично развивающейся экономики и социального обеспечения Европа должна быть среди мировых лидеров во всех областях науки о материалах и инженерных исследований, поскольку материаловедение является уникальной и стимулирующей областью научных исследований с далеко идущим влияни-

© Чернышев Леонид Иванович, канд. техн. наук, завідувач відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Левіна Діана Анатоліївна, Білан Ірина Іванівна – наукові співробітники цього ж Інституту.

ем на промышленность, экономику и социальную жизнь общества (рис. 1) [1].



Рис. 1. Влияние новых материалов на развитие техники и благосостояние общества

Европейская Комиссия в своих документах, касающихся дальнейшего развития новых материалов, делает особый упор на так называемых материалах с добавленной стоимостью — VAMs, как оказывающих особое влияние на экономику [2]. Материалы с добавленной стоимостью относятся к группе современных материалов, которые имеют стратегическое значение для экономического роста, конкурентоспособности промышленности или для решения крупных вызовов нашего времени. Эти материалы отличаются высокой наукоемкостью и комплексностью процесса производства; новыми, улучшенными свойствами для конструкционного или функционального применения; конкурентными преимуществами на рынке; наличием потенциала для решения проблем, стоящих перед всем европейским сообществом, так называемых Больших европейских вызовов, к числу которых Европейская комиссия при разработке Программы научно-технологического сотрудничества стран-членов Евросоюза на 2014–2020 гг. (Horizon 2020) относит следующие [2]:

- здравоохранение, демографические изменения и благосостояние;
- продовольственная безопасность и био-экономика;
- безопасная, чистая и эффективная энергетика;
- умный, зеленый и интегрированный транспорт;
- обеспечение сырьем и материалами;
- эффективность использования ресурсов и защита климата;
- открытое, инновационное и безопасное общество.

История развития материалов и прогноз на ближайшие десятилетия, как это видится европейским экспертам-материаловедам, схематически представлены на рис. 2 [1].



Рис. 2. Ход развития материалов

Материаловедение вступило в эру “умных” материалов и “умных” технологий (рис. 2), которые будут в дальнейшем определять развитие всех отраслей промышленности и экономики.

Особая роль в будущем, как ожидается, принадлежит нанотехнологиям, которые позволяют создавать новые материалы, буквально собирая атом за атомом. Причем число возможных комбинаций атомных сборок для получения новых структур и свойств является бесконечным, что дает в руки исследователей мощный инструмент для развития новых материалов и технологий. Рис. 3 показывает, каким образом объединение усилий физиков, химиков и биологов позволяет получать путем конструирования на наноуровне неведомые ранее материалы и устройства для решения многих практических задач [3].

Среди них — преодоления тупика в миниатюризации электронных приборов и устройств, описываемого законом Мура, создание новых функциональных и конструкционных композиционных материалов с уникальным комплексом свойств для различных областей использования, разработка многих “умных” материалов для использования в биологии, медицины и экологии.

Уже сегодня разнообразные наноматериалы находят применение в различных областях. Примером может служить авиация, где передовые материалы, и, в частности, наноматериалы помогают решить ряд актуальнейших проблем, таких как облегчение с одновременным упрочнением конструкций, молниезащита, надежность и безопасность (рис. 4).

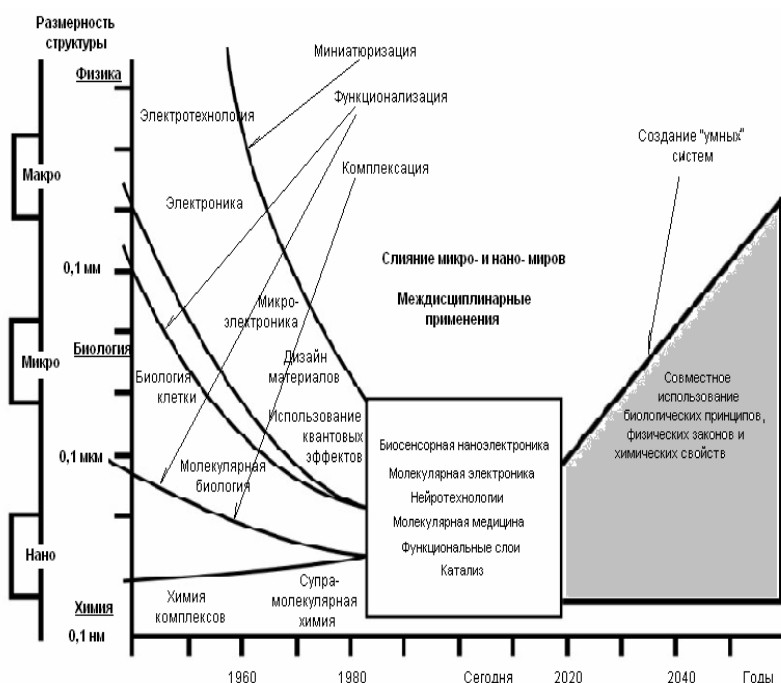


Рис. 3. Тенденции развития технологий с учетом углубления исследований в направлении размерности “сверху-вниз”



Рис. 4. Использование наноматериалов в авиации

Генеральная дирекция ЕС по исследованиям и инновациям заказала исследовательской компании Oxford Research работу по оценке развития в Европе технологических и рыночных перспектив передовых материалов. В качестве экспертов выступили ученые-материаловеды и консультанты по инвестициям. Заключительный отчет о проведенной работе опубликован в 2012 году [2]. Полученные оценки должны помочь проанализировать рынок передовых материалов и их социальные, экономические, правовые, политические, экономические и экологические последствия. Исследование предлагает

проблемно-ориентированные действия и указывает на различные технические и экономические сценарии, когда современные материалы уже разработаны и используются. Результатом является уникальная информация как для планирования дальнейших исследований, так и для принятия решений частными инвесторами, которые интересуются передовыми технологиями. Технологические и рыночные оценки выделяют области, где два различных типа специалистов (материаловеды и инвесторы), как правило, предсказывают успешное развитие передовых материалов и их приложений. При этом особое внимание обращено на то, что научная политика не должна быть нацелена исключительно на достижение технической эффективности и экономической рациональности. При планировании и практической реализации научных материаловедческих результатов необходимо рассматривать социальные и экономические последствия внедрения конкретных технологий и новейших материалов, а также принимать во внимание геополитические аспекты, связанные с поставками стратегических сырьевых материалов.

Передовые материалы, присутствующие во всех группах обычных технических материалов: металлах и сплавах (черных и цветных), керамике, полимерах, полупроводниках и композитах, имеют значительный потенциал для роста рынка — более чем в 10 раз в течение следующих 40 лет. Прогноз объемов рынка сведен в таблицу:

Таблица

Рынок передовых материалов (в млрд. евро) по секторам

	2008	2015	2020	2030	2050
Энергетика	7,1	14,3	18,9	37,0	175,7
Транспорт	9,6	13,1	15,8	24,3	52,6
Окружающая среда	24,6	38,2	48,0	86,8	352,2
Здравоохранение	27,0	32,1	37,4	55,0	115,2
Информационные и коммуникац. технологии	29,6	38,8	46,6	70,7	152,2
Иное/на пересечении секторов	3,6	13,5	19,3	42,2	250,8
Общая прогнозируемая стоимость	101,7	150,0	186,1	316,0	1098,6

В среднем, среднегодовой рост рынка (CAGR) составит 17% во всех анализируемых секторах.

Одной из главных трудностей реализации передовых материалов являются большие сроки до выхода этих материалов и технологий их изготовления на рынок. Преодолению этой трудности должна способствовать большая инновационная ориентация научных исследований.

Эксперты-материаловеды на основе анализа рынка приходят к таким выводам.

- Патентная защита инновационного материала обеспечивает ему конкурентные преимущества на рынке в долгосрочной перспективе.

- Высокая наукоемкость передовых материалов является причиной трудностей для крупномасштабного промышленного применения и большого времени выхода их на рынок. Для многих сложных материалов оно составляет, по оценкам, около 20 лет.
- Для того, чтобы сократить время выхода на рынок и получить большее влияние технологий за более короткое время, следует наладить взаимодействие между исследователями и финансовыми субъектами-инвесторами на рынках венчурного и частного капитала в вопросах о приоритетах исследовательской деятельности.
- Считается, что некоторые крупные отрасли, такие как информационные и коммуникационные технологии, автомобильная, фармацевтическая промышленность, уже хорошо финансируемы, и поэтому инвестиции в исследования в этих секторах, как утверждается, будут менее выгодными.
- Спрос на новый материал в значительной степени зависит от его стоимости. Если цена будет слишком высокой, производители просто не будут покупать его. Это относится также к размерам масштабирования, а также к сложности производства.
- Возврат инвестиций только в четырех из десяти сделок удастся вернуть деньги, и в действительности лишь в одном-двух случаях удастся получить доход.

Время возврата инвестиций зависит от конкретных специфических условий отрасли. Например, в информационных и коммуникационных технологиях наблюдается короткий срок инвестирования, в то время как в энергетике или в защите окружающей среды инвестирование долгосрочное. В здравоохранении, кроме того, существуют специфические условия за счет дополнительных требований правил безопасности.

Энергетика, окружающая среда и здравоохранение были, по оценкам, наиболее перспективными секторами для инвестирования из-за потенциально большого рынка сбыта в будущем и наличия в этих секторах ряда нерешенных проблем для всего человечества. На эти три сектора приходится более 80 процентов инвесторов, готовых разместить свои ресурсы.

Отметим, что, по данным экспертов, ключевыми промышленными секторами, где передовые материалы будут играть важную роль, будут:

- Энергетика: важными являются вопросы генерирования, распределения и хранения, эффективности, и путей для интеграции передовых материалов в существующие структуры.
- Окружающая среда: сектор на пересечении с другими секторами, взаимосвязан с энергетикой.
- Охрана здоровья: медицинские приборы, биоматериалы, тканевая инженерия и наноструктуры- все это большие рынки, имеющие отношение к проблеме старения общества.
- Транспортный сектор: проблема легких материалов будет особенно острой.
- Сектор информационных и коммуникационных технологий: традиционно имеет высокие темпы роста во многих областях, особенно в области сверхпроводимости, технологий передачи данных, а также дисплеев.

В энергетическом секторе, средний темп роста для идентифицированных приложений передовых материалов достигнет 19%. Наиболее серьезный рост будет связан с:

- стационарными топливными элементами и составит 55% к 2017 г;
- суперконденсаторами для энергетического сектора, с темпом роста 49% к 2015 г;
- ,биогазовой заводской установкой оборудования, с CAGR 30% между 2010 и 2014 гг.;
- наноразмерные материалы, используемые в энергетике, каталитические и конструкционные применения, с ростом 29% к 2015 г;
- краски и катализаторы, с ростом 28% к 2015 г.



Рис. 5. Перспективы исследований материалов для термоядерной энергетики

Для **транспортного сектора**, выявленные приложения передовых материалов будут достигать в среднем темпа роста 15%, причем особенно высокие приросты в:

- суперконденсаторах для транспортного сектора, с темпом роста 35 процентов до 2015 года;
- рынке электромобилей с темпом роста 20%.

В **секторе охраны окружающей среды**, идентифицированные приложения передовых материалов достигнут темпов роста на уровне 17%, с наибольшим ростом в:

- технологии улавливания углерода, с темпом роста 63%;
- использовании нанотехнологий для охраны окружающей среды с темпом роста 61% до 2014 года;
- оборудование для очистки сточных вод, приборы, процессы и химические реагенты, с темпом роста 28% в настоящее время;
- наночистотные мембраны для обработки воды при текущих темпах роста 27%.

Материалы для сектора здравоохранения характеризуются более низкими темпами роста (в среднем на уровне 11%) по сравнению с другими секторами. Некоторые активно развивающиеся области в здравоохранении:

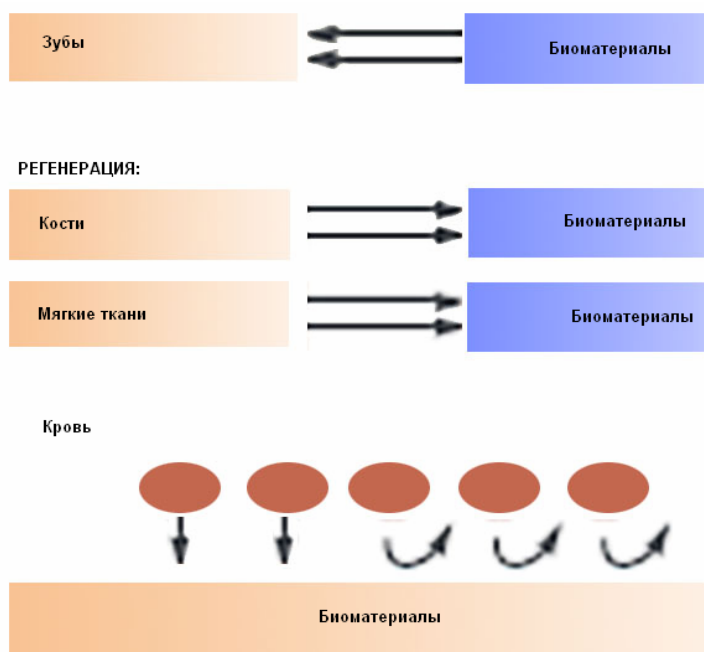


Рис. 6. Возможности использования биоматериалов в восстановительной медицине

- материалы-носители для доставки лекарств, с темпом роста 28% до 2015 г;
- квантовые точки для био-медицинского сектора и микросферы, применяющиеся в медицинской технологии, с темпом роста оба около 25% до 2015 г.

Что касается сектора информационных и коммуникационных технологий, то он по-прежнему характеризуется огромным потенциалом для ряда применяемых материалов, поскольку проблемы, с которыми мы сталкиваемся в связи с ростом спроса на информацию, требуют новых технологий.

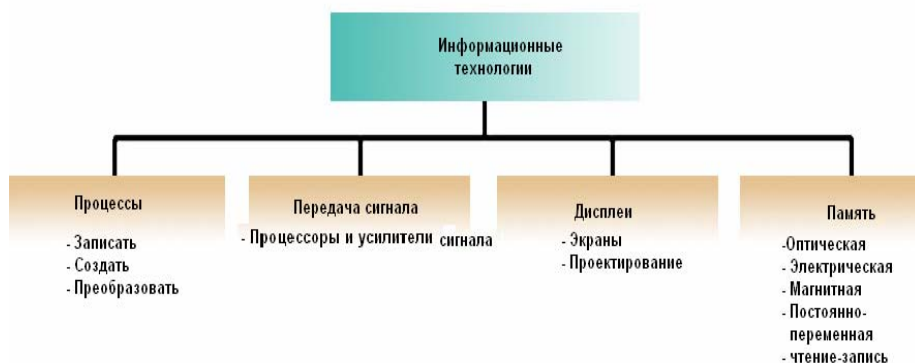


Рис. 7. Перспективные направления исследований в области информационных технологий

В среднем темп роста для определенных материалов будет на уровне 25%. До сих пор этот сектор рассматривался инвесторами как чересчур инвестиро-

ванный, с высоким отношением крупных компаний в качестве участников исследований. Ниже приводятся некоторые ключевые технологии, где будет наблюдаться наибольший рост инвестиций:

- полупроводниковые соединения для солнечных элементов, с темпом роста 85% в настоящее время;
- органические материалы для прозрачных электронных компонентов, с темпом роста 57% до 2015 г.;
- сверхпроводящее электрическое оборудование с темпом роста 108% до 2015 г.;
- нанороботы, наноэлектромеханические системы и связанные с ними оборудование и материалы с темпом роста 174% до 2015 г.

Таким образом, из приведенного анализа можно сделать вывод, что материаловедение, являясь уникальной и стимулирующей областью научных исследований, оказывает и будет в дальнейшем оказывать все возрастающее влияние на промышленность, экономику и социальную жизнь общества.

Приведен обзор прогнозных исследований развития материалов, проведенных европейскими экспертами для определения приоритетных направлений научно-технического сотрудничества по Европейской Рамочной программе FP7 и будущей программе на 2014–2020 гг. (Horizon 2020).

Ключевые слова: *Большие европейские вызовы, материаловедение, нанотехнологии, передовые материалы, инвестиции, перспективные секторы для инвестирования.*

This article provides an overview of predictive studies of materials, conducted by European experts to identify priority areas of scientific and technical cooperation under the European Framework Programme FP7 and the future program for the years 2014–2020 (Horizon 2020).

Keywords: *Great European challenges, material science, nanotechnology, advanced materials, investments, promising sectors for investment.*

1. *European White Book on Fundamental Research in Materials Science.* – Stuttgart: Edit.Max-Plank-Gesellschaft, 2002. – 326 p.
2. *Technology and market perspective for future Value Added Materials. Final Report from Oxford Research AS.* – Brussels: Edit.Directorate-General for Research and Innovation Industrial Technologies of European Commission, 2012. – 128 p.
3. *White Paper. GENNE SYS A. New European Partnership between Nanomaterials Science & Nanotechnology and Synchrotron Radiation and Neutron Facilities.*–Stuttgart: Edit.Max-Plank-Gesellschaft, 2009. – 498 p.