

Смена технологических укладов и формирование новых бизнесов в атомной отрасли

Change of technological paradigms and formation of new businesses in the nuclear industry



И. Н. Погожин,
аспирант
✉ pogojin2014@yandex.ru

I. N. Pogozhin,
PhD student



А. В. Путилов,
д. т. н., профессор, декан, факультет бизнес-информатики
и управления комплексными системами
✉ avputilov@mephi.ru

A. V. Putilov,
doctor of technical sciences, professor, dean

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
National research nuclear university MEPHI (Moscow engineering physics institute)

В данной статье рассматривается значение категории «технологический уклад» и современные материалы, как основы, формирующие новые бизнес-структуры в рамках атомной отрасли, а также оценивается потенциал развития рынка современных материалов.

This article examines the importance of the category «technological paradigm» and modern materials as the basis for forming new business structures within the nuclear industry and also assesses the development potential of the market for modern materials.

Ключевые слова: технологический уклад, атомная отрасль, современные материалы, производство.

Keywords: technological paradigm, nuclear industry, modern materials, manufacture.

Введение

Влияние смены технологического уклада на конкурентную ситуацию в реальном секторе экономики давно изучается в зарубежной научной среде. В качестве примера можно привести статью Д. Доу с коллегами «Технологические революции и эволюция промышленных структур. Оценка влияния новых технологий на размер, модель роста и границы фирм» [1]. Сегодня исследователи стараются понять, приводит ли смена технологического уклада к изменениям в распределении организаций по размерам, а также в степени концентрации отраслей. Основываясь на статистических данных как на уровне организаций, так и на национальном уровне, можно оценить эволюцию общего баланса между видами деятельности, которые происходят внутри организаций, и теми, которые возникают в результате рыночных взаимодействий. Вертикальные и горизонтальные границы предприятий меняются, и в то же время в крупных предприятиях наблюдается текучесть кадров, что отражает изменение относительной важности промышленных секторов, но при этом нет данных об однозначном вытеснении новыми, мелкими, фирмами старых, более крупных.

1. История и современность технологической диверсификации

Обращаясь к истории возникновения понятия «технологический уклад», мы увидим, что зародилось оно в период образования и развития полити-

ческой экономики в ее классическом виде. Согласно Д. Рикардо, технологический уклад представляет собой естественную форму производства в обществе, он аналогичен строю общества, сложившемуся при данном укладе. К. Маркс, дополняя идею Рикардо, исследовал общественный строй в качестве способа производства, из которого складываются экономические отношения, определяющие государственный и политический строй в обществе. Одно из самых известных положений немецкого экономиста, состоящее в понимании экономики как базиса общественно-экономических формаций, сложилось из идей Рикардо о технологическом укладе.

Одним из главных преимуществ работ К. Маркса является рассмотрение уклада вместе с другими категориями, к примеру, с общественно-экономическими формациями, т. е. ступенями развития общества. Первобытнообщинная, рабовладельческая, феодальная, капиталистическая и коммунистическая формации характеризуют исторические процессы, происходящие во время действия этих формаций, а также части этих процессов: системы общественных отношений, способы производства, классовую борьбу, социальные институты. Современному этапу развития общества XXI века свойственно формирование очередного шестого технологического уклада, отличительной чертой которого являются нанотехнологии, возобновляемая энергетика, геновая инженерия и пр., которые легли в основу наименования данного технологического уклада [2-4].

2. Технологический уклад как основа формирования новых бизнесов

Формирование новых производственных комплексов всегда связано с преимуществами, которые обеспечивают, в том числе, и новые технологические уклады. Рассмотрим содержание и определение категории «технологический уклад». По мнению С. Ю. Глазьева «под технологическим укладом понимаются группы совокупностей технологически сопряженных производств, выделяемых в технологической структуре экономики, связанные друг с другом однотипными технологическими цепями и образующие воспроизводящиеся целостности». [3, с. 94]. Л. К. Гурьева предлагает свое определение технологического уклада, где под данным понятием подразумевается совокупность технологий производства, находящихся на одном уровне и применяемых в один и тот же период времени в организациях [4]. Имеется и ряд других определений, но общее положение всех определений свидетельствует о том, что технологический уклад характеризует технологические элементы, которые используются в производственном процессе.

В настоящее время существует пять технологических укладов, а также начинает формироваться шестой, который предполагает наличие в себе нескольких следующих характеристик:

- Ядро технологического уклада: наноэлектроника, молекулярная и нанофотоника, наноматериалы и наноструктурированные покрытия, нанобиотехнология, наносистемная техника.
- Преимущества новых технологий: резкое снижение энерго- и материалоемкости производства, конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами. [5]

На данный момент ядро нового технологического уклада находится на начальной стадии своего формирования и не имеет возможности для полной замены предыдущего технологического уклада и дальнейшего закрепления в производственных структурах. Данное утверждение основывается на определенной информации из промышленной сферы, а именно из атомной отрасли и современных материалах, которые применяются в ней при производстве продукции [6].

3. Новые материалы — формирующий масштабный бизнес в атомной отрасли

На всем историческом периоде развития ядерных технологий, начало которого в нашей стране скоро будет отмечаться как 80-летие, материаловедческая проблема была одной из основных. Успешно были решены вопросы материалов конструкций атомных реакторов, центрифуг для обогащения урана, различных других технических устройств в атомной отрасли. В современных условиях новые материалы, основы производства и использования которых были заложены еще в первый отечественный «атомный проект», становятся основой новых бизнесов. Отметим некоторые направления инновационного развития материаловедческой проблематики.

- Композиты — материалы, состоящими из двух или более различных компонентов, которые при объединении образуют материал с уникальными свойствами, которые не могут быть достигнуты ни одним из отдельных компонентов. Из них производятся такие продукты как углеволокно, ткани, препреги, которые в свою очередь применяются в авиакосмической и атомной отраслях, в автомобилестроении, электроэнергетике и пр. В связи с активным внедрением полимерных композиционных материалов стратегическими отраслями промышленности (авиационная, ракетно-космическая, энергетическая, транспортная и пр.), до 2030 г. ожидается стабильный рост мирового рынка полимерных композиционных материалов на уровне 5% в год. Российский рынок будет расти опережающими темпами по отношению к мировому.
- Разработка и производство изделий на основе явления сверхпроводимости. Материалы, основанные на данном принципе, применяются в медицине (МРТ-томографы, протонные ускорители), электроэнергетике (силовые кабели, накопители энергии) и пр. Российский рынок сверхпроводников на текущий момент состоит из пилотных проектов, в частности в электролизном производстве (производство алюминия хлора, меди), в производстве суперкомпактных электрических машин большой мощности и т. д.
- Литий, сплавы и соединения которого применяются в качестве материала для аккумуляторных батарей, в ядерной энергетике, медицине, металлургии и пр. Развитие гидроминеральных литиевых активов за рубежом планируется на базе российской сорбционной технологии прямого извлечения лития, подтвердившей высокую эффективность и минимальное влияние на окружающую среду. Предполагается, что к 2030 г. поставки лития предприятиями «Росатома» позволят обеспечить до 77% российского спроса.
- Скандий — металл, который используется в высокотехнологичных секторах промышленности: в авиационной, ракетной, судостроительной отрасли, прежде всего для продукции оборонной направленности. В настоящее время скандиевое производство АО «Далур» является единственным в России и обеспечивает импортозамещение скандия из Китая и Казахстана.

При оценке перспектив инновационных бизнесов, базирующихся на производстве сырьевых компонентов, получении и использовании новых материалов в товарной форме важно определить источники экономической эффективности формирующихся производственных комплексов.

4. Перспективные оценки развития бизнеса новых материалов

В соответствии с прогнозами Market Research Consulting, емкость мирового рынка новых материалов будет расти в среднем на 12,83% в год и достигнет

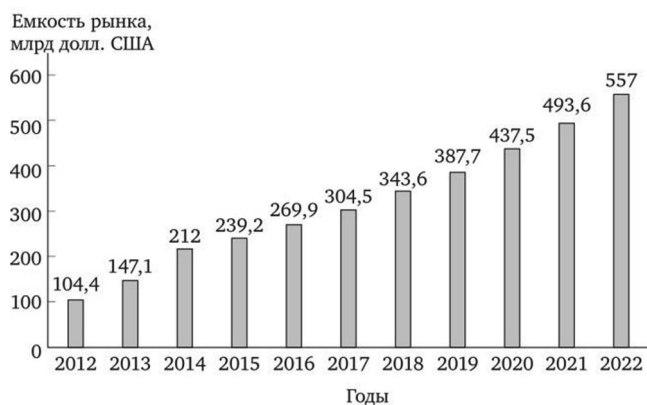


Рис. 1. Динамика развития мирового рынка новых материалов (емкость рынка), \$ млрд

\$557 млрд к 2022 г. (рис. 1) [7]. В соответствии с исследованием Transparency Market Research емкость мирового рынка новых материалов будет расти в среднем на 10,4% в год и достигнет к 2024 г. \$102,48 млрд против \$42,76 млрд в 2015 г. [8].

Появление новых материалов приводит к масштабным изменениям в основных промышленных отраслях. Рынок новых материалов охватывает полный жизненный цикл от добычи, первичной переработки, разработки способа формирования уникальных свойств и характеристик материалов до производства, тестирования и использования конечных изделий, а также утилизации и переработки отходов. Помимо этого, существуют вспомогательные процессы, такие как исследования и стандартизация. Единого классификационного признака, в соответствии с которым мы могли бы отнести тот или иной материал к новому, не существует. Однако в рамках международной практики принято выделять следующие направления классификации новых материалов (рис. 2).

Наряду с приведенной выше простой классификацией существуют и более продвинутые варианты. Например, выделяют класс новых материалов, которые именуется как метаматериалы — материалы, природные свойства которых обусловлены не столько природными физическими свойствами, сколько периодической микроструктурой, создаваемой человеком. Эти материалы синтезируются посредством внедрения в исходный материал (алюминий, диоксид кремния, фторид магния) различных периодических структур (серебро, медь) с самыми различными геометрическими формами молекул, которые модифицируют диэлектрическую ϵ и магнитную восприимчивости исходного материала. На данный момент рынок метаматериалов является быстро развивающимся. Емкость глобального рынка метаматериалов в 2014 г. составляла \$496,7 млн, в 2016 г. — уже свыше \$500 млн. Согласно прогнозам, его емкость должна составить к 2020 г. \$1,73 млрд, а к 2024 г. — \$3,11 млрд [9].

Наибольший рост прогнозируется в сегменте продуктов, использующих терагерц (порядка 19% в год, в течение прогнозируемого периода). Частоты терагерца существуют между микроволновыми и инфракрасными длинами волн в диапазоне от 0,1 до 10 ТГц. Устройства, содержащие терагерцевые мета-



Рис. 2. Основные направления классификации новых материалов

материалы, используются для дистанционного зондирования и спектроскопии. Фотонные метаматериалы приобретают все большее значение благодаря росту использования в производстве трансформационной оптики. Определенные фотонные метаматериалы проявляют магнетизм на очень высоких частотах, что приводит к сильной магнитной связи. Ожидается, что с точки зрения доходов этот сегмент может расти на 17% ежегодно с 2017 по 2025 г. Кроме того, метаматериалы также используются в медицине, для производства устройств визуализации. Благодаря таким свойствам, как способность управлять электромагнитными волнами и обеспечивать лучшие изображения, необходимые для обнаружения определенных заболеваний, метаматериалы актуальны для применения в области здравоохранения. Одними из наиболее инновационных продуктов, получаемых на основе метаматериалов, на данный момент являются «умная» одежда, технологии строительства (стены и окна с переменной прозрачностью), средства маскировки и радиоэлектронной борьбы.

5. Экономические параметры и оценки объема рынка новых материалов

На сегодняшний день мировой рынок композитов оценивается в \$80 млрд. На этом лидируют Китай — 32% (\$25,6 млрд) и США — 26% (\$21,6 млрд). Сегмент России — 1% (\$1,1 млрд). В России среди отраслей потребителей изделий из композитов основными являются строительство (включая дорожное) — 35% (\$22,9 млрд руб.) и гражданское авиа- и судостроение — 19% (\$12,4 млрд руб.). Проблема российской композитной отрасли — импортозависимость. И это стало особенно болезненным в середине 2022 г., когда многие западные поставщики сырья и оборудования покинули российский рынок. Госкорпорация «Росатом» предприняла ряд мер и композиты для авиации стали производиться российскими предприятиями.

На сегодняшний день наша страна зависима от импорта по ряду направлений производства химической продукции. В качестве примера можно привести термореактивные смолы. Данный материал широко используется в стратегических отраслях промышленности — электронике, радиотехнике, машиностроении и строительстве. Без термореактивных смол невоз-

можно получение многих композитов и компаундов, прочных порошковых покрытий, клеев и т. д.

Из рис. 3 видно, что основное развитие в ближайшем будущем должны получить эпоксидные смолы, которые находятся на восходящей стадии своего жизненного цикла и имеют потенциал совершенствования. Это является конкретным проявлением смены технологических укладов в химической индустрии.

Технология совершенствования производства новых материалов включает также и общественно-экономические структуры. Например, одним из направлений работы Комитета по химической промышленности Общероссийской общественной организации «Деловая Россия» является развитие производства продукции малотоннажной химии в России. В соответствии с поручением Президента Российской Федерации от 16 января 2021 г. № Пр-46 необходимо принять меры по развитию до 2030 г. производства малотоннажной и среднетоннажной химической продукции и увеличению объемов выпуска такой продукции к 2025 и 2030 гг. на 30 и 70%, соответственно (по сравнению с объемами 2020 г.) [10]. В связи с этим общественно-экономической структурой «Деловая Россия» сформирован перечень «вытягивающих» проектов в сфере малотоннажной химии, которые могут стать драйвером ее развития. Одним из них является производство терморезактивных связующих.

Другой пример — неорганические материалы для современной энергетики и транспорта: литий, скандий, редкоземельные элементы и материалы на их основе. Например, производство аккумуляторов для электромобилей — основной драйвер роста спроса на литий. Предполагается, что к 2040 г. спрос на данный металл за счет увеличения продаж электромобилей прогнозируется в интервале 3,4-6,1 млн т LCE (карбонат лития эквивалент) по сравнению с 0,7 млн т. В 2022 г. С учетом вероятных и возможных проектов мировая добыча лития из руды и рассолов к 2040 г. может вырасти до 3,9 млн т LCE. Для удовлетворения растущего потребления необходимо дополнительное предложение в объеме 1,1-1,2 млн т LCE. Из-за высокого спроса в период 2025-2040 гг. цена на литий составит \$35 тыс./т LCE и более, что будет устойчиво выше себестоимости добычи по заявленным проектам (\$5-11 тыс./т LCE) [11].

С учетом рассолов ресурсы лития в России могут быть увеличены в 23 раза (114 млн т LCE по сравнению с текущим 5 млн т LCE рудного лития), обеспечив России одно из первых мест. При комплексной добыче компонентов (включая минералы) из рассолов из ранее пробуренных нефтегазовых скважин себестоимость производства лития в России будет ниже или сопоставима с ключевыми проектами в Южной Америке — \$4-5 тыс./т LCE против \$4,9-6,2 тыс./т LCE, соответственно. Предполагается, что к 2040 г. объем производства лития в России может составить около 0,25-0,6 млн т LCE или до 15% от возможного мирового спроса. Ежегодная экспортная выручка российских производителей лития может составить \$8,8-20 млрд [11].

Крупнейшим и практически монопольным производителем скандия является Китай. Здесь скандий

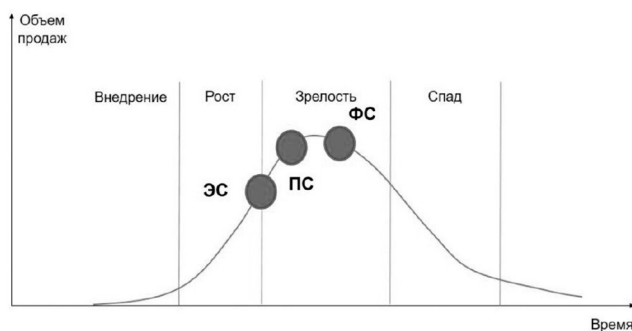


Рис. 3. Текущая стадия жизненного цикла ключевых видов смол (эпоксидные смолы — ЭС, полиэфирные смолы — ПС, фенолформальдегидные смолы — ФС)

извлекается из отходов редкоземельного производства при переработке бастенезит-эгириновых руд месторождения Баян-Обо, из отходов обогащения ильменит-титаномагнетитовых руд объектов рудного района Паньчжихуа, а также из отходов производства вольфрама и олова, из кислотных стоков производства пигментного диоксида титана, в процессе получения химических соединений циркония, из красных шламов (отходов глиноземного производства). По некоторым данным, Китай располагает производственными мощностями, позволяющими получать около 30 т оксида скандия в год; вовлечение в производство скандия титановых заводов, использующих сульфатный процесс, позволит Китаю получать до 100 т оксида скандия в год. По данным Европейской комиссии, Китай обеспечивает 66% мирового производства скандия [12].

Мировой рынок скандия мал по объему и непрозрачен. По разным оценкам, годовое мировое производство и потребление скандия составляют 20-30 т в пересчете на Sc₂O₃. Около 80% потребляемого промышленностью скандия используется в изготовлении твердооксидных топливных элементов; 19% — в производстве легированных скандием алюминиевых сплавов (в основном используется сплав с содержанием Sc 0,1%), применяемых в авиа-, ракето- и судостроении. Скандий также используется при производстве кристаллов для лазеров, люминофоров, прозрачной

Таблица 1
Потенциал получения скандия из техногенных отходов

Техногенные отходы	Содержание Sc ₂ O ₃ , %
Пироксеновые хвосты железорудных месторождений	0,01-0,2
Красный шлам глиноземного производства	0,09-0,11
Белитовый шлам производства чугуна и глинозема	0,012-0,016
Зола углей (каменных и бурых)	0,005-0,04
Отработанный расплав титановых хлоратов	0,01-0,03
Упаренная гидролизная кислота производства TiO ₂	0,007
Отбросные кеки вольфрамового производства	0,07-0,4
Оловянные шлаки	0,1-0,33

Источник: обзор научно-технической литературы

технической керамики, катализаторов, радиофармацевтических препаратов, ферритов с малой индукцией в устройствах хранения информации и другой продукции [12].

Важнейшим источником скандия являются техногенные отходы производства. Данный металл концентрируется в красных шлаках (отходы алюминиевых заводов), в угольных золах, а также накапливается в пироксеновых хвостах железорудных месторождений, в оловянных шлаках, кеках вольфрамового производства (табл. 1), отработанных расплавах титановых хлоратов и пр. Поэтому новый технологический уклад требует комплексной переработки отходов, что является важнейшим инновационным трендом в экономике новых материалов.

Заключение

Периоды доминирования отдельных технологических укладов сокращаются, а также ускоряется формирование новых укладов из старых, когда те еще даже не успели достигнуть своей максимально высокой точки развития. Происходит это в рамках интеграции в производственную деятельность взаимозависимых технологий. Старые технологии, которые не потеряли свою актуальность и полезность в рамках этой деятель-

ности совершенствуются, и, в результате этого, ускоряется процесс технологического развития и смена технологического уклада. Скорость увеличивается еще за счет того, что модернизированные «старые» технологии приобретают инновационные элементы, которые в правильном сочетании дают дополнительный толчок к усовершенствованию и развитию. Таким образом, ключевым фактором, влияющим на ускорение смены технологических укладов, являются инновации и научно-технический прогресс.

Инновационный процесс происходит практически на постоянной основе, без временных отрезков, характеризующихся наличием таких явлений как замедление или остановка технологического прогресса. Для сохранения позиций в лидирующих списках высокоразвитые страны мира вынуждены создавать собственные стратегии экономического развития, потому что в силу своей цикличности экономика периодически переживает кризисы, с которыми каждой стране приходится бороться в одиночку. Несмотря на то, что большая часть спросов и предложений на рынке современных материалов сконцентрирована за рубежом, сейчас, у России имеется возможность на то, чтобы нарастить ресурсную и производственную силу на данном экономическом сегменте технологического развития.

Список использованных источников

1. G. Dosi, A. Gambardella, M. Grazzi, L. Orsenigo. Technological revolutions and the evolution of industrial structures: assessing the impact of new technologies upon the size and boundaries of firms//Capitalism and Society. 2008. Vol. 3. № 1.
2. А. Э. Айвазов. Периодическая система мирового капиталистического развития//Партнерство цивилизаций. 2013. № 3. С. 253-289.
3. С. Ю. Глазьев. Глобальная трансформация через призму смены технологических и мирохозяйственных укладов//AlterEconomics. 2022. Т. 19. № 1. С. 93-115.
4. Л. К. Гуриева. Концепция технологических укладов//Инновации. 2004. № 10. С. 70-76.
5. С. Ю. Глазьев. Возможности и ограничения технико-экономического развития России в условиях структурных изменений в мировой экономике: научный доклад. М.: ГУУ, 2008. 91 с. <https://spkurdyumov.ru/economy/vozmozhnosti-i-ogranicheniya-tekhniko-ekonomicheskogo-razvitiya>.
6. Д. Ю. Байдаров, Д. Ю. Файков. Диверсификация в атомной отрасли России: методологические и практические аспекты. Монография. М.: Издательство «Перо», 2022. 238 с.
7. Advanced Materials Market Research, 2016.
8. Advanced Materials Market. Transparency Market Research. <https://www.transparencymarketresearch.com/advanced-materials-market.html>.
9. Global Metamaterial Market Overview. Gos Reports. <http://www.gosreports.com/global-metamaterial-market-overview>.
10. Перечень поручений по итогам совещания по стратегическому развитию нефтегазохимической отрасли. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374256.
11. Литий из рассолов: стратегическая опция для российских нефтегазовых компаний в условиях энергоперехода. https://www.dropbox.com/s/gxt42wbwo6s5jdw/VC_Lithium_Research.pdf?dl=0.
12. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 г. <https://gd2021.data-geo.ru/nfm/sc>.

References

1. G. Dosi, A. Gambardella, M. Grazzi, L. Orsenigo. Technological revolutions and the evolution of industrial structures: assessing the impact of new technologies upon the size and boundaries of firms//Capitalism and Society. 2008. Vol. 3. № 1.
2. A. E. Ayvazov. Periodic system of world capitalist development//Partnerstvo tsivilizatsiy [Partnership of Civilizations]. 2013. № 3. P. 253-289.
3. S. Yu. Glaz'ev. Global transformation through the prism of changing technological and world economic paradigms//AlterEconomics. 2022. Vol. 19. № 1. P. 93-115.
4. L. K. Guriyeva. The concept of technological paradigms//Innovatsii [Innovation]. 2004. № 10. P. 70-76.
5. S. Yu. Glaz'ev. Opportunities and limitations of technical and economic development of Russia in the context of structural changes in the global economy. M., 2008. <https://spkurdyumov.ru/economy/vozmozhnosti-i-ogranicheniya-tekhniko-ekonomicheskogo-razvitiya>.
6. D. Yu. Baydarov, D. Yu. Faykov. Diversifikatsiya v atomnoy otrasli Rossii: metodologicheskiye i prakticheskiye aspekty [Diversification in the Russian nuclear industry: methodological and practical aspects]. Moscow: Publishing house «Pero», 2022. 238 p.
7. Advanced Materials Market Research, 2016.
8. Advanced Materials Market. Transparency Market Research. <https://www.transparencymarketresearch.com/advanced-materials-market.html>.
9. Global Metamaterial Market Overview. Gos Reports. <http://www.gosreports.com/global-metamaterial-market-overview>.
10. List of instructions following the meeting on the strategic development of the petrochemical industry. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374256.
11. Lithium from brines: a strategic option for Russian oil and gas companies in the context of the energy transition. https://www.dropbox.com/s/gxt42wbwo6s5jdw/VC_Lithium_Research.pdf?dl=0.
12. State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2021. <https://gd2021.data-geo.ru/nfm/sc>.