



ИТМО

**ХИМИЧЕСКИЕ И
БИОХИМИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ И МАТЕРИАЛЫ**

**ПАТЕНТНЫЙ ЛАНДШАФТ
ЦЕНТРА ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ
УНИВЕРСИТЕТА ИТМО**



ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Издание подготовлено в рамках
деятельности Центра трансфера
технологий и Центра развития
института интеллектуальной
собственности
Университета ИТМО

Автор:
Иващенко Валентина Владиславовна

Научный руководитель:
Николаев Андрей Сергеевич

Ответственный редактор:
Николаев Андрей Сергеевич

Адрес редакции:
191187, Российская Федерация, Санкт-
Петербург, ул. Чайковского, 12/2, каб.
410, Университет ИТМО, Высшая
инженерно-техническая школа,
Центр развития института
интеллектуальной собственности

ip@itmo.ru
tt.itmo.ru

При создании дизайна обложки
использовано изображение,
сгенерированное с помощью
нейросети «Midjourney»

Дата выхода издания: сентябрь 2025



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	5
1.1 Общие сведения о предметной области	5
1.2 Ключевые направления патентной активности	9
1.2.1 Сенсорные и детекционные материалы.	9
1.2. 2. Носители для флуоресцентных и люминесцентных меток.	10
1.2.3 Материалы для сигнализации изменений сред pH- индикаторы	10
1.2.4 Биосенсоры.....	10
1.2.5 Энергетические материалы.....	23
1.2.6 Защитные (барьерные) материалы и системы.....	31
1.2.7 Структурно-механические материалы и системы	48
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	60
Список использованных источников	62

ВВЕДЕНИЕ

В рамках исследования проведена декомпозиция предметной области, определены основные проблемы и вызовы, сформулирован перечень ключевых слов и индексов Международной патентной классификации (МПК), а также проанализирована мировая и российская патентная документация. Особое внимание уделено трендам патентования и прогнозу развития технологий.

Результаты исследования могут быть использованы для формирования стратегий технологического развития, принятия решений в области интеллектуальной собственности и определения приоритетных направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Анализ терапевтических систем и материалов, так же, как и систем и материалов с биологической и химической активностью в рамках данного исследования не проводится, поскольку данное направление не находится в фокусе разработок ИТМО. Отсутствие соответствующей научно-технической базы для проведения доклинических и клинических испытаний указывает на невозможность проведения соответствующего тестирования таких разработок.

1 ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Общие сведения о предметной области

Аналитическое исследование выполнено по теме химических и биологических систем и материалов, которые сегодня выступают основой для развития широкого спектра сенсорных технологий. Именно эти системы задают фундаментальные принципы работы сенсоров, определяют их чувствительность, надежность и возможности интеграции в прикладные решения. Использование органических и неорганических соединений, биомолекул, наноструктурированных материалов и полимерных матриц позволяет создавать устройства, преобразующие сложные химические и биологические взаимодействия в точные и воспроизводимые сигналы.

Предметная область, представленная в рамках данной темы, охватывает несколько ключевых направлений. Одним из наиболее активно развивающихся является биомедицинская сфера, где биосенсоры позволяют выявлять биомаркеры, нуклеиновые кислоты, глюкозу и бактерии. Благодаря применению аптамеров, ферментов, ДНК-структур и наноматериалов такие сенсоры обеспечивают высокую точность диагностики и находят применение в персонализированной медицине, разработке экспресс-тестов и биотехнологических исследованиях. Особое значение имеют методы регистрации сигналов, включая электрохимические и оптические подходы, которые обеспечивают чувствительность и скорость анализа.

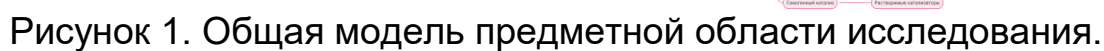
Другим крупным направлением является промышленная и экологическая безопасность. Газовые сенсоры, основанные на химически активных материалах, используются для обнаружения горючих и токсичных газов, включая метан и угарный газ. Они позволяют предотвращать аварийные ситуации и защищать здоровье человека, а также интегрируются в системы раннего предупреждения, элементы промышленного интернета вещей и инфраструктуру «умных городов». Здесь важным является не только повышение точности детекции, но и устойчивость сенсоров к условиям эксплуатации — запыленности, вибрации и другим внешним факторам.

В энергетике сенсорные технологии находят применение в управлении и контроле работы литиевых батарей. Материалы катодов и анодов, электролиты и сепараторы становятся ключевыми объектами исследований, так как именно они определяют

эффективность и безопасность аккумуляторов. Патентная активность концентрируется вокруг задач повышения циклической стабильности, предотвращения роста литиевых дендритов и разработки новых архитектур, включая твердотельные и литий-металл батареи. В этом направлении сенсоры выполняют функции контроля состояния батарей и предотвращения отказов, что особенно важно для электротранспорта и систем хранения энергии.

В совокупности предметная область демонстрирует высокую междисциплинарность и прикладную направленность. Химические и биологические материалы становятся первичным источником инноваций, а направления их применения охватывают медицину, энергетику, промышленность и экологию. Общие тенденции развития включают переход от узкоспециализированных решений к многофункциональным платформам, миниатюризацию устройств, их интеграцию в цифровые системы, а также использование материалов нового поколения, таких как графен, биополимеры и твердые электролиты.

Таким образом, сенсорные технологии, основанные на химических и биологических системах, формируют один из наиболее перспективных сегментов современной науки и техники. Они обеспечивают не только новые возможности для диагностики и мониторинга, но и становятся важнейшими элементами комплексных интеллектуальных систем, определяющих конкурентоспособность и устойчивое развитие в глобальном масштабе.



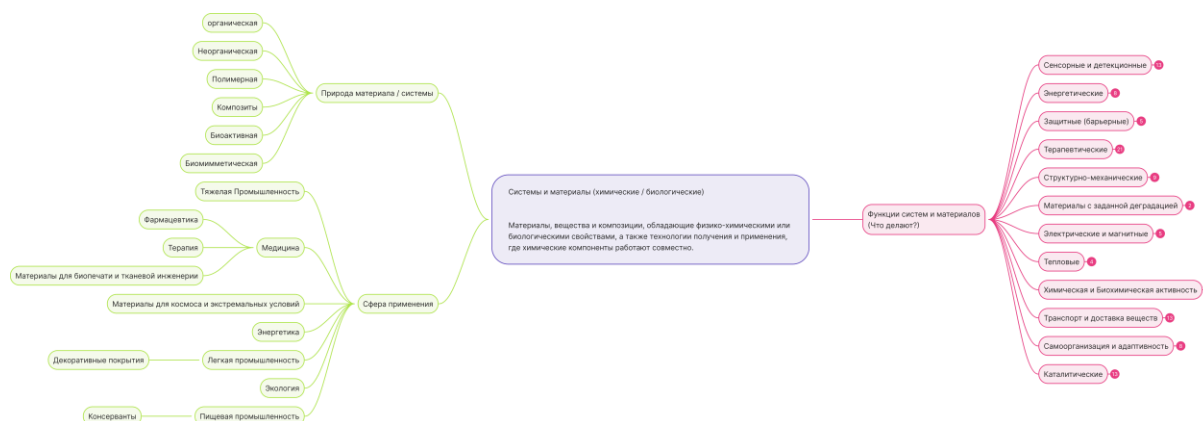


Рисунок 1а. Краткая версия модели предметной области исследования.

Далее представлен анализ по каждому из разделов направлений предметной области, связанных с функциональным профилем материала/системы.

Химические и биологические материалы и системы сегодня являются первоосновой для разработки сенсорных платформ: именно они формируют молекулярные механизмы распознавания, определяют физико-химические характеристики интерфейсов и задают пределы чувствительности и селективности современных устройств. К таким материалам относятся биомакромолекулы (нуклеиновые кислоты, белки, аптамеры, ферменты), органические функциональные соединения и полимеры, а также широкий спектр наноматериалов и двумерных структур — графена, оксидов металлов, наночастиц благородных и переходных металлов — которые обеспечивают усиление сигнала, быструю кинетику взаимодействий и возможности гибкой функционализации поверхности для привязки рецепторов. Эта априорная роль химии и биологии в конструкции сенсора прослеживается как в биомедицинских биосенсорах, так и в промышленно-ориентированных газовых и энергетических решениях; фундаментальные исследования последних лет демонстрируют, что успешные прикладные устройства строятся в первую очередь вокруг грамотно подобранных реактивных материалов и биоселекторов.

1.2 Ключевые направления патентной активности

1.2.1 Сенсорные и детекционные материалы.

Материалы и технологии для сенсоров и систем детекции – быстрорастущая область, которая лежит на стыке материаловедения, биотехнологий, аналитической химии и медицины.

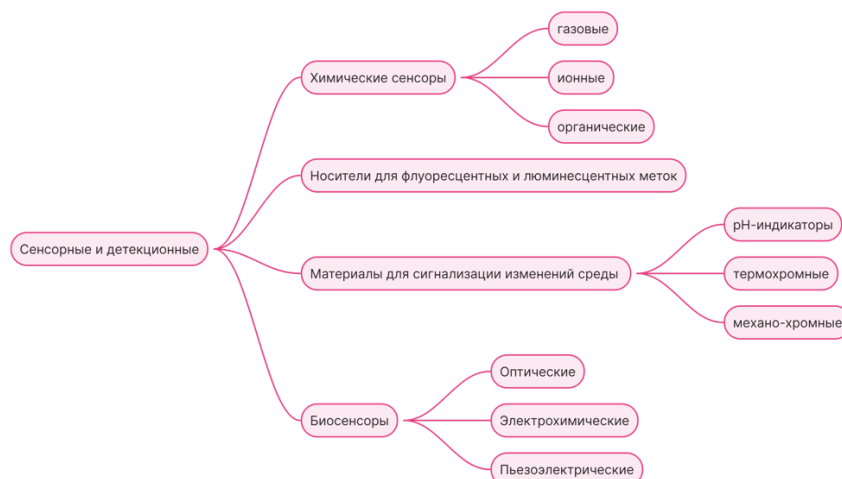


Рисунок 2. Раскрытие предметной области в направлении сенсорных и детекционных материалов.

Общая характеристика раздела предметной области.

1. Химические сенсоры

• Газовые сенсоры

- Используются в экологии, промышленной безопасности, медицине (например, breath analysis для диагностики заболеваний).
- Материалы: оксиды металлов (ZnO , SnO_2), MOF (металл-органические каркасы), графен и др.
- Тренд: миниатюрные сенсоры для носимой электроники, высокоселективные системы для «электронного носа».

• Ионные сенсоры

- Детектируют катионы/анионы в растворах (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- и др.).
- Ключевое направление: сенсоры для медицины (электролитный баланс, диагностика заболеваний почек/сердца).

• Органические сенсоры

- Основаны на органических полупроводниках или флуорофорах.
- Применяются в анализе органических соединений, токсинов, взрывчатых веществ.

1.2. 2. Носители для флуоресцентных и люминесцентных меток

- Наночастицы (кремниевые, золотые, углеродные точки).
- MOF-структуры как матрицы для стабилизации красителей.
- Используются в биомедицинской визуализации, ДНК-анализе, отслеживании лекарств в организме.
- Тренд: переход к **“label-free detection”** (без меток), но при этом меточные подходы тоже развиваются за счёт новых материалов с высокой фотостабильностью.

1.2.3 Материалы для сигнализации изменений сред pH-индикаторы

- Классика (лакмус, фенолфталеин), но сегодня активно развиваются полимерные сенсоры с «вшитыми» индикаторами.
- Применения: умные упаковки для продуктов питания, медицинские повязки (показывают инфицирование).
- **Термохромные материалы**
 - Меняют цвет при изменении температуры.
 - Используются в «умной одежде», температурных индикаторах лекарств/вакцин.
- **Механо-хромные материалы**
 - Меняют оптические свойства при деформации или механическом воздействии.
 - Тренд: мягкая робототехника, детекция микротрещин в материалах.

1.2.4 Биосенсоры

- **Оптические** (на основе SPR – поверхностного плазмонного резонанса, интерферометрии, флуоресценции).
- **Электрохимические** (глюкометры, сенсоры для мониторинга лактата, холестерина).
- **Пьезоэлектрические** (основаны на изменении резонанса при связывании биомолекул).

Для характеристики существующей ситуации в данном направлении был проведен патентный поиск за последние 5 лет (с 2020-01-01), позволяющий определить существующие тренды и тенденции.

Для проведения поиска использован поисковый запрос:

((chemical sensor* OR biosensor* OR gas sensor* OR ion sensor* OR organic sensor* OR fluorescent label carrier* OR luminescent label carrier*

OR pH indicator* OR thermochromic OR mechanochromic OR optical biosensor* OR electrochemical biosensor* OR piezoelectric biosensor*) AND (material* OR device* OR system*)

OR (химическ+ сенсор+ OR био_сенсор+ OR газов+ сенсор+ OR ионн+ сенсор+ OR органическ+ сенсор+ OR (носители с флуоресцентн+ меток) OR (носители с люминесцентн+ меток) OR pH-индикаторы OR термохромные материалы OR механо-хромные материалы OR оптическ+ биосенсор+ OR электрохимическ+ биосенсор+ OR пьезоэлектрическ+ биосенсор+) AND (материал+ OR устройст+ OR систем+)) // Title - Abstract - Claims - Independent claims

AND (IPC= G01N27* OR C09K11* OR C09K9* OR C12Q1* or G01N33*)

При поиске использованы основные классы МПК для сенсоров и биосенсоров:

Индекс	Расшифровка
G01N	Исследование или анализ материалов (основной класс для сенсоров и детекции).
G01N27/	Электрохимические методы (в т.ч. электрохимические сенсоры).
G01N33/	Биологические материалы; анализ с использованием биосенсоров.
G01N35/	Автоматический анализ.
G01N37/	Общие сенсорные методы и устройства.
C09K11/	Термо- и фото-хромные материалы.
C09K9/	Индикационные материалы (pH-индикаторы и др.).
C12M/	Аппараты для ферментации/биотехнологии (иногда пересекается с биосенсорами).
C12Q/	Измерительные/тестовые процессы, включая ДНК/белковые биосенсоры.

По результатам поиска получили коллекцию в 14 178 патентных семейств¹, распределение коллекции по технологическим доменам² представлено на рисунке 3.

Analysis of biological materials (7506) | Audio-visual technology (196) | Basic materials

chemistry (810) | Biotechnology (1486) | Chemical engineering (702) | Civil engineering (231) | Computer technology (609) | Control (1032) | Digital communication (205) | Electrical machinery, apparatus, energy (772) | Engines, pumps, turbines (135) | Environmental technology (546) | It methods for management (306) | Macromolecular chemistry,

polymers (356) | Materials, metallurgy (918) | **Measurement** (6496) | Mechanical elements (240) | Medical technology (901) | Micro-structure and nano-technology (964) | Optics (122) | Organic fine chemistry (376) | Other consumer goods (144) | Other special machines (292) | Pharmaceuticals (179) | Semiconductors (465) | Surface technology, coating (289) | Telecommunications (812) | Textile and paper machines (146) | Thermal processes and apparatus (195) | Transport (264) |

¹ Патентное семейство – это совокупность всех патентных публикаций, относящихся к одному изобретению.

Набор патентов (или заявок) поданных в нескольких странах, которые связаны друг с другом одной или несколькими общими приоритетными заявками в общем смысле следует понимать как патентное семейство. Другое понимание патентного семейства – это то, что патентное семейство включает все патенты, защищающие то же самое изобретение или технологию, под этим обычно понимают расширенное патентное семейство, которое обычно собрано не автоматически по формальным признакам (общим приоритетным данным), а с использованием интеллектуальной или ручной обработки специалистами.

² Определенная область или сегмент технологий, внутри которой проводится анализ патентной активности и инноваций. Это может быть конкретное технологическое направление, отрасль или группа технических решений, объединенных по функциональным или предметным признакам.

Для сужения коллекции были выделены те области, которые относятся к химическим и биохимическим системам. Таким образом получили 9 513 патентных семейств, что указано на рисунке 4.

Рисунок 4. Наиболее близкие к теме исследования области, в рамках которых рассматриваются химические и биохимические системы и материалы с сенсорными и детекционными функциями.

Отобранная коллекция в 9513 патентов представляет собой несколько ключевых кластеров, представленных на рисунке 5, газовые сенсоры (4883 патентных семейства), биосенсоры (3606 патентных семейств), датчики влажности / гигрометры (humidity sensors) (1038 патентных семейств) и химические сенсоры (835 патентных семейств). Также на рисунке представлено несколько смежных областей, однако ввиду немногочисленности они не будут рассмотрены в данном отчете.

Рисунок 5. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем с детектирующими и сенсорными функциями

Поскольку биосенсоры являются в данном случае часть раздела «биологические системы и материалы» и является одним из наиболее широких направлений, рассмотрим его отдельно.

Патенты на биосенсоры во многом принадлежат университетам, преимущественно китайским. Отдельно был выделен топ коммерческих организаций, которые инвестируют и патентуют в области биосенсоров. Он представлен на рисунке 6.

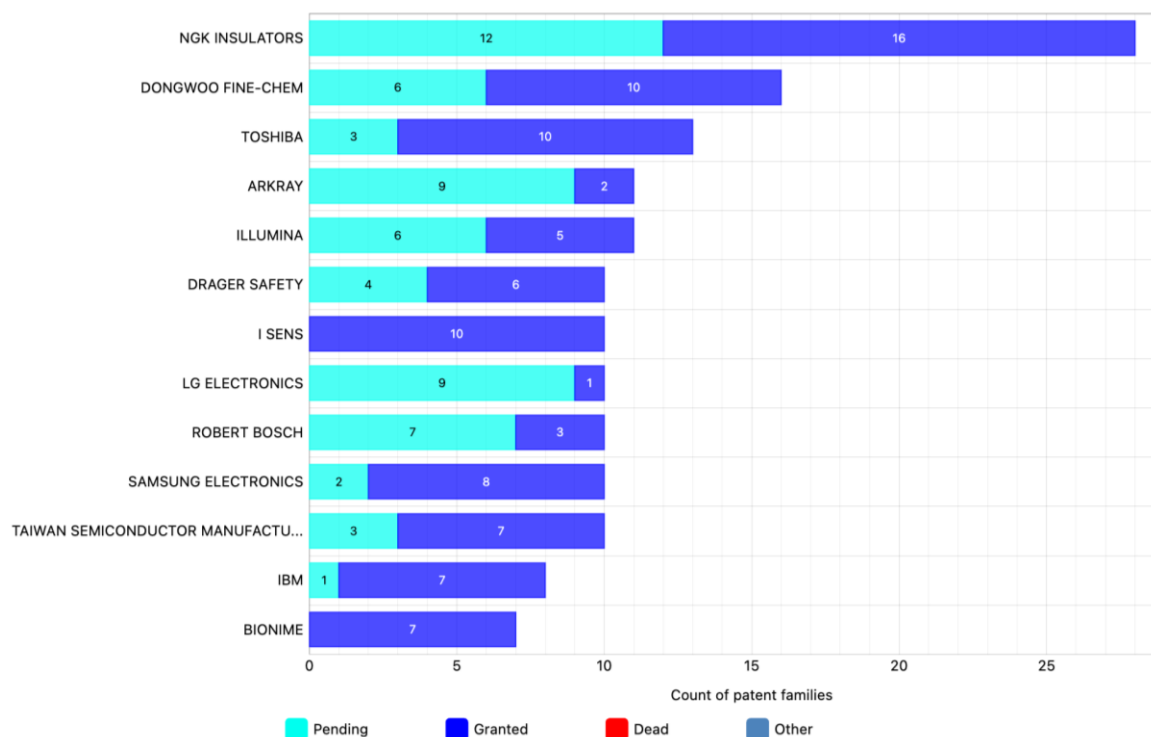


Рисунок 6. Топ коммерческих правообладателей в направлении биосенсоров.

Первое место занимает NGK Insulators, Ltd. – японская компания, основанная в 1919 году как отделение Nippon Toki, специализирующаяся на производстве высоковольтных изоляторов и керамических изделий. Компания NGK Insulators связана с биосенсорами через свои разработки в области пьезоэлектрических и керамических материалов, используемых в высокочувствительных сенсорных устройствах. Так, пьезоэлектрические материалы NGK применяются в биосенсорах для анализа жидких сред, детекции биомолекул, таких как антитела, антигены, ДНК-зонды, и других биологических частиц. Компания оказывает значительное влияние на развитие пьезоэлектрических биосенсорных систем и микроустройств для высокоточного биомедицинского мониторинга и диагностики.

Второе место Dongwoo Fine-Chem, которая связана с биосенсорами через разработку и поставку высокотехнологичных материалов и сенсорных технологий, которые могут быть использованы как в дисплеях, так и в биосенсорных системах для точной и надежной детекции.

Третья место – Toshiba активно занимается разработками в области биосенсорных технологий. Компания разрабатывает носимые биосенсоры, такие как устройство Silmee Bar type, предназначенное для медицинского мониторинга, способное измерять кардиограмму, давление, пульс и температуру с передачей данных на смартфон через Bluetooth. Этот продукт ориентирован на научные исследования и клинические тесты, а не на массовый рынок. Кроме того, Toshiba предлагает широкий спектр сенсорных технологий, включая мультисенсорные панели и фотосенсоры высокого разрешения, которые находят применение и в биомедицинских устройствах.

Более детальная декомпозиция поля «Biosensor» на рисунке 5 представлена на рисунке 7.

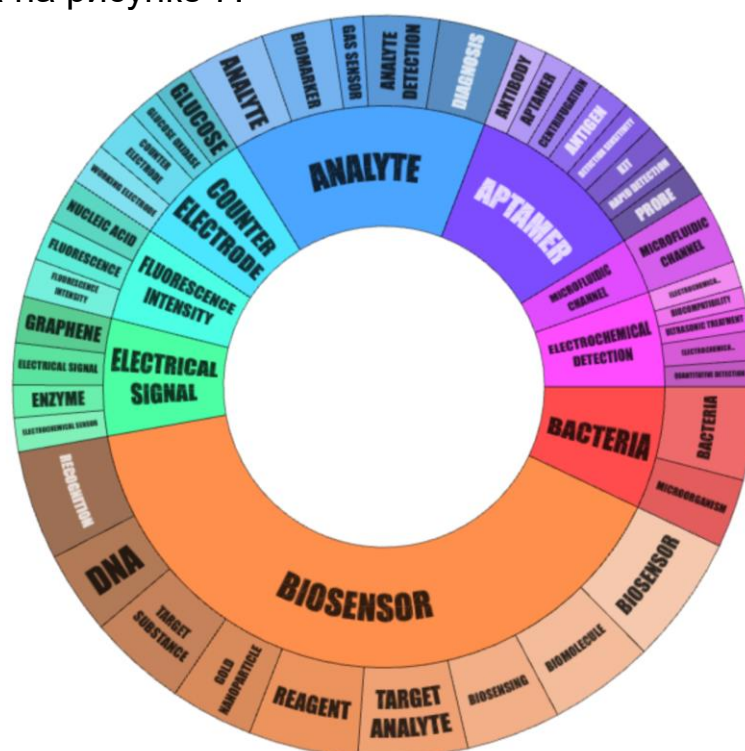


Рисунок 7. Декомпозиция области «Biosensor».

Блок «Biosensor» объединяет сразу несколько направлений: использование DNA, наночастиц, реагентов, молекул-мишеней и наномолекулярных подходов. Это указывает, что патенты видят биосенсор как интеграционную технологию на стыке химии, биологии и нанотехнологий. Часто встречаются электрические сигналы и флуоресцентная детекция — значит, два главных вектора развития: электрохимические и оптические биосенсоры. «Aptamer2 как выделенный кластер, вокруг него — Antibody, Antigen, Probe, Rapid Detection, Kit, что отражает конкуренцию/синергию антител и аптамеров для диагностических тест-систем, в т.ч. экспресс-тестов, т.е. патенты активно развивают тему альтернативы антителам в

сенсорике (аптамеры дешевле, стабильнее). «Bacteria» как отдельный кластер говорит о развитии микробиологической диагностики (например, быстрый скрининг инфекций, антибиотикорезистентности) с применением микрофлюидики. Отдельно выделен Graphene — патенты показывают, что графен часто используется для повышения чувствительности сенсоров, что говорит о тенденции: наноматериалы (графен, наночастицы золота и др.) = ключевой драйвер повышения производительности биосенсоров.

Главный инсайт, который можно вынести из анализа предметной области биосенсоров, состоит в следующем, патентное поле показывает слияние трёх направлений:

- биооснова (DNA, антитела, аптамеры, бактерии),
- нано- и микроинженерия (графен, наночастицы, микрофлюидика),
- сигнальная трансдукция (электрохимия, электрический сигнал, флуоресценция).

То есть рынок движется к созданию миниатюрных, чувствительных, быстрых биосенсоров для медицины и биотехнологий, где ключевую роль играют наноматериалы и аптамеры.

Данный домен включает в себя: Измерение или тестирование процессов, в которых задействованы ферменты, нуклеиновые кислоты или микроорганизмы. **Измерение или тестирование процессов, в которых задействованы ферменты**, нуклеиновые кислоты или микроорганизмы – 1238 патентных семейств, текущий статус которых представлен на рисунке ниже.

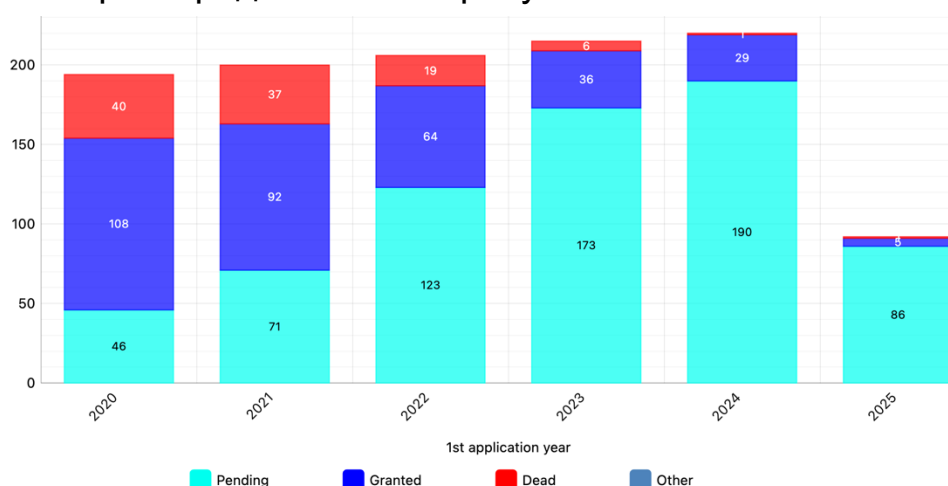


Рисунок 8. Распределение патентной активности по таймлайну³.

³ Granted – патент действует

Pending – патент находится на стадии заявки.

Dead – патент не действует

Технологии в данной нише создаются в более чем 20ти странах. Лидирует Китай (577), в 2 раза обгоняя США (246), в 5 раз обгоняя Индию (104) и Корею (88), почти в 15 раз обгоняя Японию (39). Россия занимает 10-е место и представлена 12-ю патентными семействами за последние 5 лет, что определяет её догоняющее место и неконкурентоспособность.

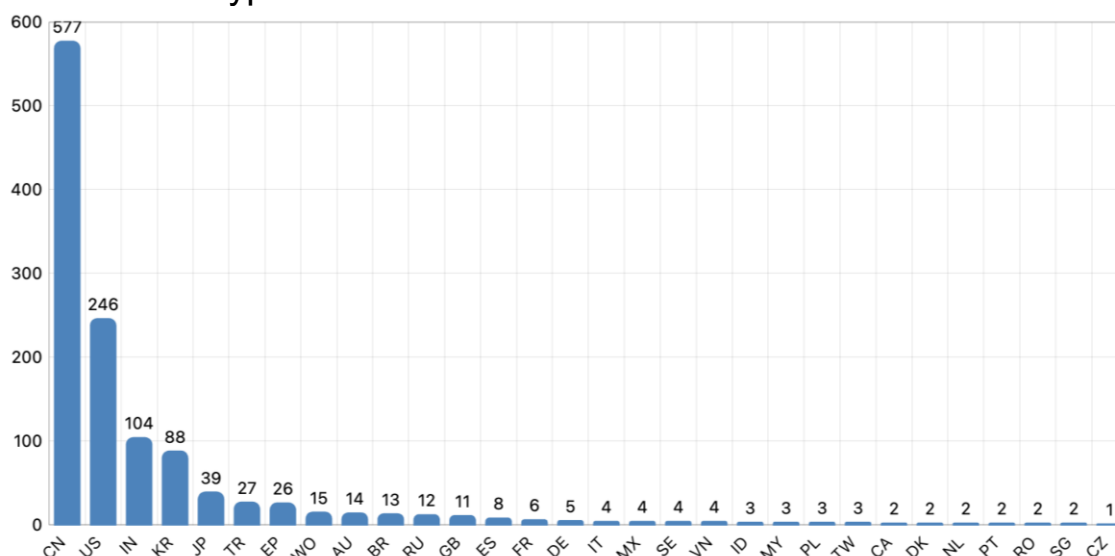


Рисунок 9. Распределение патентной активности в нише использования ферментов, нуклеиновых кислот и микроорганизмов для выполнения сенсорных и детекционных функций.

По причине лидерства КНР в данной нише топ-20 правообладателей в основном занимают китайские компании и университеты – см. Таблицу 1. За исключением первого места: McMaster University (Канада) – ведущий исследовательский университет, известный своей сильной междисциплинарной базой и инновационным подходом по направлениям здравоохранения, медицине, инженерии, естественным и социальным наукам. Важной особенностью университета является разработка и внедрение проблемно-ориентированного обучения (Problem-Based Learning, PBL), активно используемого в медицинском и инженерном образовании. McMaster University также известен сильными программами в области биомедицинских и сенсорных технологий, что отражается в их активном патентном портфеле.

Таблица 1.

ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ	Заявки	Действующие патенты	Не действующие патенты
MCMaster UNIVERSITY (CA)	9	4	2
JIANGNAN UNIVERSITY (CN)	7	6	1
UNIVERSITY OF JINAN (CN)	3	9	2
CHONGQING MEDICAL UNIVERSITY (CN)	7	1	4

DONGWOO FINE-CHEM (KR)	3	7	0
ILLUMINA (US)	5	5	0
JIANGSU UNIVERSITY (CN)	7	2	1
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY (CN)	3	5	0
QINGDAO AGRICULTURAL UNIVERSITY (CN)	3	4	1
BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY (CN)	6	1	0
I SENS	0	7	0
NORTHWESTERN UNIVERSITY	7	0	0
QINGDAO UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY (CN)	4	2	1
SHANDONG NORMAL UNIVERSITY (CN)	0	4	3
SHANDONG UNIVERSITY (CN)	4	3	0
UNIVERSITY BEIJING (CN)	2	4	1
XIANGTAN UNIVERSITY	7	0	0
FUJIAN MEDICAL UNIVERSITY (CN)	4	2	0
FUZHOU UNIVERSITY (CN)	0	4	2
JILIN UNIVERSITY	5	1	0

Помимо университета в топ вошли и коммерческие организации. Пятое место занимает Dongwoo Fine-Chem – южнокорейская компания, основанная в 1991 году, специализирующаяся на производстве высокочистых химических материалов для электронной промышленности, в частности для производства полупроводников и дисплеев. Компания разработала и выпускает процессные химикаты, фоторезисты, цветные фильтры, поляризационные пленки, необходимые для производства TFT-LCD, OLED и гибких дисплеев. Dongwoo Fine-Chem является ключевым игроком в корейской индустрии полупроводников и дисплейных материалов и сотрудничает с японской Sumitomo Chemical. Кроме того, Dongwoo Fine-Chem активно развивается в области экологически чистых материалов и технологий химической переработки.

Шестое место занимает Illumina, Inc. – глобальная биотехнологическая компания, основанная в 1998 году и базирующаяся в США. Компания является мировым лидером в области разработки и производства интегрированных систем для анализа генетических вариаций и биологических функций. Основные продукты Illumina – это высокопроизводительные системы секвенирования ДНК (следующее поколение секвенирования, NGS) и микроаррайные технологии, используемые в геномных исследованиях, клинической диагностике, биофармацевтике и научных лабораториях.

И на 11-м месте ещё одна компания – i-SENS Inc. – южнокорейская биотехнологическая компания, основанная в 2000 году, специализирующаяся на разработке, производстве и распространении систем для мониторинга здоровья человека с использованием передовых биосенсорных и электрохимических технологий. Компания известна своими продуктами для мониторинга уровня глюкозы в крови, электролитных анализаторов, газовых анализаторов и иммунных сенсоров. Биосенсоры сегодня являются ключом к персонализированной медицине и носимой электронике. Ведущие тренды: интеграция с IoT, одноразовые сенсоры из биоразлагаемых материалов, мультиплексные системы (один сенсор – несколько биомаркеров).

Особое внимание обращается именно на патенты коммерческих компаний, поскольку их заявки, как правило, доходят до регистрации и продолжают длительно поддерживаться в силе, что косвенно указывает на внедрение и реальное промышленное применение заявляемых технологий. Университетские заявки часто даже не доходят до этапа получения патента, хотя при этом могут раскрывать ценную информацию относительно небольших улучшений и доработок существующих решений, их оптимизации.

В продолжении рассмотрения рисунка 5 необходимо рассмотреть второй наиболее значимый сектор – газовые сенсоры, который составляет 4884 патентных семейства.

Патенты на газовые сенсоры включают в себя разработки, связанные с безопасностью и мониторингом. Большинство связаны с контролем опасных газов (взрывоопасных, токсичных) и оперативным предупреждением (сигнализация, датчики, тревоги), что указывает на прикладную ориентацию патентных решений – промышленная и бытовая безопасность, охрана труда.

Ключевые объекты детекции:

- Combustible gas (метан, водород, пропан и пр.) – важное направление для предотвращения взрывов.
- Noxious gas и Carbon monoxide – акцент на здоровье человека, предотвращение отравлений.

То есть патенты охватывают две критические сферы: промышленная безопасность (взрывы) и бытовая/рабочая (токсичность, CO).

Патенты активно защищают системы сигнализации и оповещения, а не только сам сенсор. Патенты по газовым сенсорам сосредоточены не столько на новых материалах (как в биосенсорах), сколько на прикладной инженерии и интеграции в системы безопасности. Основные тренды:

- газоанализ для взрывоопасных и токсичных газов (метан),

- развитие систем раннего предупреждения (alarm, buzzer, leakage detection),
- переход к «умным сенсорам» с IoT и мониторингом в реальном времени,
- внимание к устойчивости сенсоров (пыль, корпус, отказоустойчивость).

Ключевым лидером с точки зрения числа патентов по газовым сенсорам также является Китай (2783), на втором месте с отрывом больше чем в 2 раза США (663), которую стремительно догоняет Индия (468), предполагается, что на горизонте 1-2 лет Индия обгонит США. На четвертом месте находится Южная Корея (440), затем Европейский союз (379) и Япония (307). Топ-20 правообладателей представлены в Таблице 2. Среди них большую часть составляют именно компании, а не университеты. Первый университет появляется только на 7ом месте.

Таблица 2.

ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ	Заявка	Действующий патент	«Мертвый» патент
NGK INSULATORS (JP)	17	37	0
MICROJET (TW)	4	23	0
DRAGER SAFETY (DE)	13	10	2
MICRIOJET TECHNOLOGY (	7	12	5
ROBERT BOSCH (DE)	14	10	0
SGCC - STATE GRID CORPORATION OF CHINA (CN)	6	9	6
CHANGZHOU AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF CHINA COAL RESEARCH INSTITUTE (CN)	7	10	3
CHANGZHOU RESEARCH INSTITUTE OF CHINA COAL TECHNOLOGY & ENGINEERING (CN)	7	10	3
CHINA UNIVERSITY OF MINING & TECHNOLOGY (CN)	6	7	7
INFINEON TECHNOLOGIES	6	13	0
JILIN UNIVERSITY (CN)	6	10	3
HONEYWELL INTERNATIONAL	9	8	0
ZHEJIANG UNIVERSITY (CN)	6	8	3
HENAN BAOSHIAN TECHNOLOGY (CN)	3	13	0
SINTOKOGIO	7	8	1
TDK	11	4	1
KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY (KR)	0	14	1
XIAN JIAOTONG UNIVERSITY (CN)	10	4	1
HANWEI ELECTRONICS	6	6	1

KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE & TECHNOLOGY (KR)	3	9	1
---	---	---	---

NGK Insulators, Ltd. – японская компания, основанная в 1919 году как отделение Nippon Toki с целью разработки и производства высоковольтных изоляторов из керамики для электропередачи. NGK Insulators предлагает комплексные решения для мониторинга газов с применением своих керамических и полупроводниковых технологий, что делает их важным участником рынка газовых сенсоров как для промышленных, так и бытовых применений. Компания производит чувствительные к токсичным газам (угарный газ, оксиды азота, аммиак, сероводород), горючим газам (водород, метан, пропан) и кислороду сенсоры. Эти датчики используются в промышленных системах безопасности, противопожарных сигнализациях, бытовых детекторах газа, а также в системах мониторинга воздуха и вентиляции. Газовые сенсоры NGK характеризуются высокой селективностью, чувствительностью, долговечностью и быстрым временем отклика, что обеспечивает их применение в портативных и стационарных устройствах для контроля качества воздуха и безопасности.

Компания MicroJet Technology – тайваньская компания, специализирующаяся на MEMS-технологиях, включая производство тепловых пузырьковых струйных картриджей для печати, полноцветных/керамических струйных 3D-принтеров, пьезоэлектрических микропомп и одних из самых маленьких в мире датчиков качества воздуха. Компания использует передовые методы обработки микрокамер и пленок для интеграции большого количества микроприводов в компактные устройства.

Dräger Safety – ведущая немецкая компания, которая специализируется на разработке и производстве оборудования и систем для безопасности, в том числе переносных и стационарных газоанализаторов для обнаружения токсичных, горючих и кислородных газов. Основанная в 1889 году, компания имеет более века опыта и присутствует более чем в 190 странах мира.

Ключевые направления деятельности Dräger Safety:

- Переносные многогазовые и одногазовые детекторы с быстрым откликом и высокой точностью для мониторинга опасных газов на рабочих местах.
- Стационарные газоанализаторы и системы мониторинга для промышленных площадок, складов и производственных помещений.
- Разработка и производство датчиков различных технологий: электрохимических, инфракрасных, фото-ионизационных.

- Комплексные системы контроля безопасности, включая центральные блоки обработки сигналов и облачные аналитические платформы.

MicroJet Technology Co., Ltd. – тайваньская компания, основанная в 1996 году, разрабатывает и производит струйные печатные головки, картриджи для струйной печати, полноцветные керамические 3D-принтеры, пьезоэлектрические микропомпы и связанные продукты.

Ключевые особенности MicroJet Technology:

- Использование технологий MEMS для микроприводов и печатных элементов.
- Производство тепловых и пьезоэлектрических струйных печатных головок и микропомп.
- Выпуск инновационных 3D-принтеров с керамическими компонентами.

MicroJet Technology скорее участвует в платформенных технологиях (пьезоэлектрические микроприводы, микропомпы, MEMS-элементы), которые могут найти применение в газовых сенсорах, но прямой специализации именно на газовых сенсорах.

Robert Bosch — ведущий разработчик и производитель газовых датчиков и сенсорных систем, приверженный инновациям в области экологии, безопасности и качества воздуха, с глубоким историческим опытом в автомобильных и промышленных технологиях.

По части газовых сенсоров Bosch известна следующими достижениями:

В 1969 году Bosch начала разработку датчика кислорода (лямбда-зонда) для автомобилей, который измерял содержание кислорода в выхлопных газах для оптимизации процесса сгорания и снижения выбросов. Серийное производство датчиков стартовало в 1976 году. Это изобретение стало ключевым для автомобильной экологии.

Bosch производит широкий спектр MEMS-датчиков, включая акселерометры, гироскопы и, в том числе, газовые датчики для мониторинга качества воздуха, промышленной безопасности и бытовых приборов.

Компания выпускает датчики давления для природного газа, газоанализаторы и устройства для контроля выбросов.

Bosch является ключевым поставщиком датчиков для бытовой электроники, автомобильных систем, а также промышленных и медицинских устройств.

В биомедицинской области современные тенденции показывают усиленный переход от антител к олигонуклеотидным и пептидным распознавателям (аптамерам и другим нуклеиновым

конструкциям) благодаря их стабильности, возможности химической модификации и низкой стоимости массового производства; параллельно развивается класс ферментативных и «искусственных ферментных» (наноэнзимных) детекторов, пригодных для носимых и point-of-care устройств. Электрохимические и оптические методы регистрации остаются доминирующими из-за их совместимости с миниатюрными электроникой и быстрыми методиками детекции, но растёт интерес и к био-полевым транзисторам (Bio-FET) и гибким интегрированным платформам для непрерывного мониторинга биомаркеров в биологических жидкостях. Обзоры последних лет подчёркивают, что сочетание биорецепторов и наноматериалов (графен, квантовые точки, наночастицы) повышает пределы обнаружения и помогает реализовывать переносимые и носимые сенсоры для здравоохранения.

В сегменте газовых сенсоров главным образом доминируют материалыно-инженерные решения: классические полупроводниковые оксиды металлов модифицируются наноструктурами и композитами для повышения отклика, селективности и снижения рабочей температуры, тогда как двумерные материалы (графен, MoS_2 и др.) дают новые пути к чувствительной электропроводной детекции и к интеграции в гибкую электронику. Одновременно наблюдается движение в сторону интеллектуальной обработки данных и интеграции сенсоров в IoT-инфраструктуры: сами сенсорные элементы дополняются электронными блоками калибровки, компенсации дрейфа и алгоритмами распознавания паттернов для повышения селективности в сложных воздушных смесях. Современные обзоры показывают, что именно комбинация материалов и алгоритмической обработки даёт устойчивое улучшение рабочих характеристик промышленных и бытовых газоанализаторов.

1.2.5 Энергетические материалы

В энергетической области, и особенно в контексте литий-ионных и перспективных твердотельных аккумуляторов, ключевую роль играют материалы электродов, электролитов и интерфейсные модификаторы. Патентная и научная активность последних лет сосредоточена на решениях для подавления роста литиевых дендритов, повышении ионной проводимости твёрдых электролитов и оптимизации композиции активных материалов катодов и анодов для улучшения циклической стабильности и энергетической плотности. Роль сенсорных систем в этой области двояка: во-первых, датчики состояния батареи (BMS-сенсоры) необходимы для мониторинга параметров, предотвращения аварий и продления ресурса; во-вторых, материалы, используемые в батареях, требуют специализированных аналитических методов (включая *in situ*-сенсоры) для исследования деградации и интерфейсной химии при рабочих условиях. Современные обзоры по твердотельным электролитам и интерфейсам подчёркивают именно этот синтез материаловедения и сенсорики.

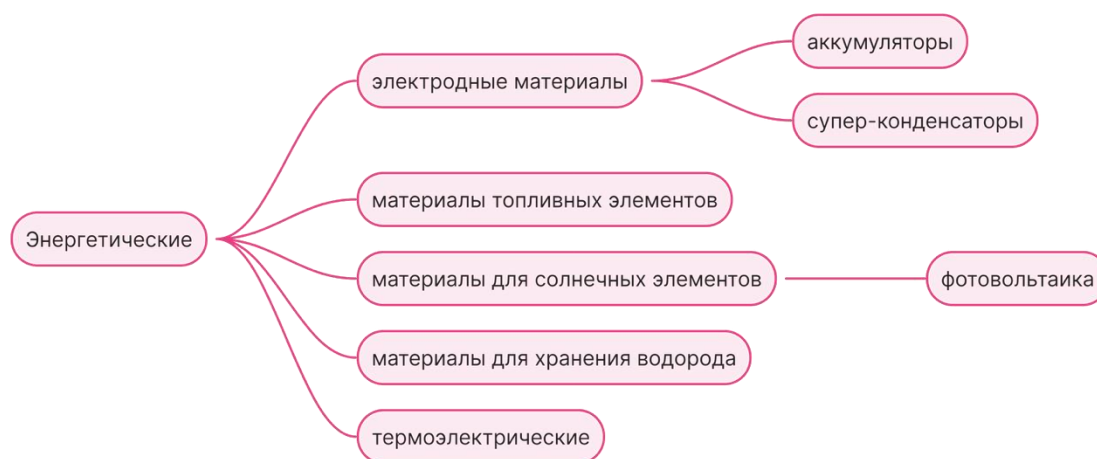


Рисунок 10. Раскрытие предметной области в направлении энергетических материалов.

Общая характеристика раздела предметной области.

1. Электродные материалы

Аккумуляторы

- Литий-ионные → совершенствование катодов (NMC, LFP, LNMO), анодов (графит, кремний, литий-металл).
- Альтернативы: натрий-ионные, калий-ионные, магний-ионные батареи.

- Тренд: повышение энергоёмкости, безопасность, снижение зависимости от кобальта.
- Суперконденсаторы
- Материалы: графен, MXenes, углеродные нанотрубки, пористые углероды.
- Используются для быстрой зарядки/разрядки, гибридные накопители энергии.

2. Материалы топливных элементов

- Катализаторы: Pt, Pd, их сплавы, а также альтернативы на основе Co, Ni, Fe.
- Электролиты: полимерные мембраны (Nafion), протонпроводящие оксиды.

Тренд: снижение стоимости, бездрагоценнометалльные катализаторы, твердотельные топливные элементы.

3. Материалы для солнечных элементов

Фотовольтаика

Кремниевые солнечные панели → повышение КПД за счёт многослойных структур.

Перспективные: перовскитные солнечные элементы, органическая фотовольтаика (OPV), квантовые точки.

Тренд: стабильность перовскитов, гибкие и прозрачные солнечные элементы, интеграция в IoT и строительные материалы (BIPV).

4. Материалы для хранения водорода

- Металлогидриды (MgH_2 , $TiFeH$), жидкие органические носители водорода (LOHC).
- MOF и COF структуры с регулируемой пористостью.

Тренд: повышение плотности хранения, снижение температуры/давления работы, интеграция в топливные системы транспорта.

5. Термоэлектрические материалы

- Классика: Bi_2Te_3 , PbTe, SnSe.
- Новые: наноструктурированные композиты, органические термоэлектрики.
- Применение: рекуперация тепла (автомобили, промышленность), питание IoT-датчиков.

Тренд: повышение ZT (фигуры достоинства), гибкие и биоразлагаемые термоэлектрики.

Для проведения поиска использован поисковый запрос:

((battery material* OR electrode material* OR fuel cell catalyst* OR electrolyte OR supercapacitor material* OR photovoltaic material* OR

hydrogen storage material* OR thermoelectric material*) AND (oxide* OR sulfide* OR nitride* OR carbide* OR perovskite* OR MOF OR COF OR polymer* OR composite* OR alloy* OR nanoparticle* OR nanomaterial*)) NOT (vehicle* OR car* OR electric vehicle or housing OR case OR management system) / Title – Abstract – Claims – Independent claims
AND (IPC = H01M4* OR H01M8* OR H01M10* OR H01M14* OR H01L31* OR H01L35* OR C01B3* OR C01B32*)

Для характеристики существующей ситуации в данном направлении был проведен патентный поиск за последние 5 лет (с 2020-01-01), позволяющий определить существующие тренды и тенденции. При поиске использованы основные классы МПК:

Индекс	Расшифровка
Электродные материалы, аккумуляторы, суперконденсаторы	
H01M	Процессы или средства для непосредственного преобразования химической энергии в электрическую
H01M 4/	Электродные материалы
H01M 10/	Вторичные элементы (аккумуляторы)
H01M 12/	Топливные элементы (общая часть, но часто встречается и у аккумуляторов)
H01M 14/	Суперконденсаторы (электрохимические конденсаторы)
Материалы топливных элементов	
H01M 8/	Топливные элементы
H01M 8/02	Детали, материалы для электродов
H01M 8/04	Электролиты, мембраны
H01M 8/18	Катализаторы
Материалы для солнечных элементов (фотовольтаика)	
H01L 31/	Полупроводниковые устройства, чувствительные к свету (солнечные элементы)
H01L 31/042	Кремниевые солнечные элементы
H01L 31/18	Органическая и полимерная фотовольтаика

H01L 31/20	Перовскитные солнечные элементы (часто встречаются в новых патентах)
Материалы для хранения водорода	
C01B 3/	Водород, его соединения, хранение
C01B 3/00	Производство водорода
C01B 3/02	Хранение, транспортировка водорода
C01B 32/**	Материалы на основе неорганических соединений для хранения газов
Термоэлектрические материалы	
H01L 35/	Термоэлектрические устройства (Seebeck, Peltier)
H01L 35/00	Общая часть (устройства для преобразования тепла в электричество)
H01L 35/32	Материалы с высоким термоэлектрическим коэффициентом

По результатам проведения поиска получена патентная коллекция 11 704 патентных семейства. С каждым годом количество патентов в данной области растет, что видно из рисунка 11. Большая часть коллекции 11310 приходится на первые 2 сегмента (H01M). На втором месте по количеству патентов разработки в области хранения водорода – 914 (C01B). К области фотовольтаики и термоэлектрических материалов (H01L) относится 187 патентов – очень маленькая часть, что указывает на более высокий потенциал данной области в противовес огромной конкуренции в электродных материалах, аккумуляторах и т.д.

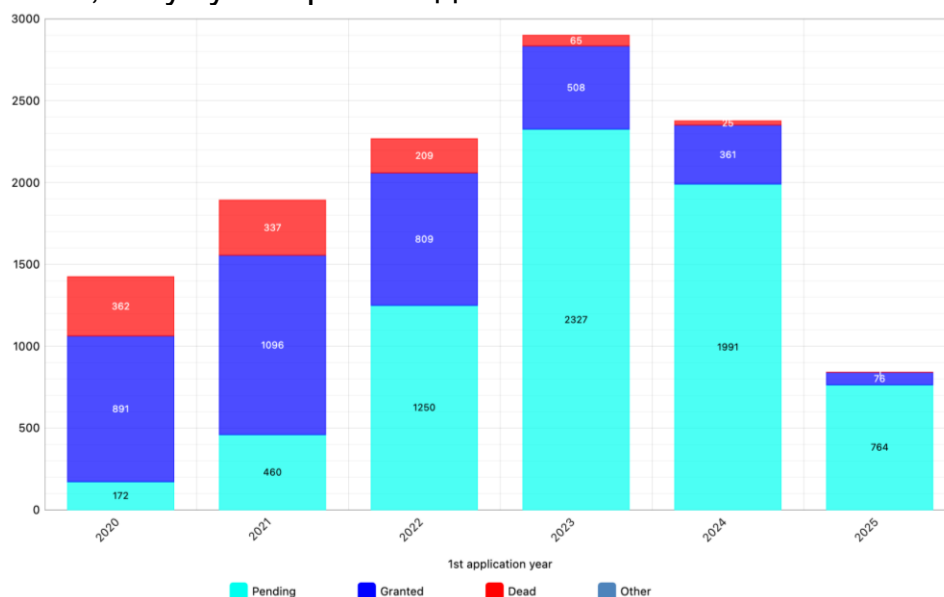


Рисунок 11. Патентная активность (химические системы и материалы в энергетике).

Значительную часть патентов в данном разделе коллекции занимает Китай (6573), на втором месте Япония (2111), затем Корея (1761), США (595), Индия (191). Россия находится на 8-м месте (62 патента), догоняя Тайвань (64 патента).

Распределение патентной коллекции с учетом ключевых слов представлено на рисунке 12.



Рисунок 12. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем в энергетике.

Центральное ядро: Lithium Battery (литиевые аккумуляторы) и ключевые блоки вокруг: Cathode / Anode, Positive Electrode Material, Cycle Performance, Lithium Dendrite, Solid-State Battery, Current Collector, Organic Solvent.

Внешний слой раскрывает конкретные направления: материалы (electrolyte, separator, coating layer, additive, binder material), свойства и параметры (cycle life, discharge capacity, impedance), проблемы (lithium dendrite formation), новые концепции (solid state electrolyte, lithium metal battery).

Таким образом, фокус сосредоточен на электродах и материалах. Отдельные кластеры Cathode, Anode, Positive Electrode Material говорят о том, что патенты активно защищают материалы электродов (например, катодные оксиды, анодные углеродные/силиконовые материалы). «Active material, coating layer,

additive» → ключевой тренд: улучшение характеристик через модификацию материалов.

Рисунок также показывает проблематику литиевых дендритов. Сильный блок Lithium Dendrite показывает, что проблема роста дендритов в литиевых батареях остаётся одной из главных для безопасности и долговечности.

Патенты ориентированы на контроль/подавление дендритов: покрытия, электролиты, добавки. Циклические характеристики = главный KPI. Кластер Cycle Performance (cycle life, discharge capacity, impedance) отражает ключевой рынок: долгий срок службы, высокая ёмкость, низкое сопротивление. Патентные решения идут в сторону улучшения эффективности и надёжности для EV и стационарной энергетики.

Новые архитектуры батарей: Solid-State Battery и Lithium Metal Battery вынесены как отдельные направления, что указывает на смещение фокуса патентных разработок к пост-Li-ion технологиям, где твёрдотельные электролиты и литий-металл рассматриваются как будущее.

Инженерная интеграция – блок Current Collector и Organic Solvent показывает, что патенты учитывают не только активные материалы, но и вторичные компоненты, которые влияют на стабильность и безопасность. Особенно важен кластер «separator, binder, additive» → оптимизация «невидимых» компонентов батарей.

Таким образом, можно сделать вывод, что Патенты в энергетических сенсорах (в контексте литиевых батарей) концентрируются вокруг улучшения характеристик, безопасности и перехода к новым типам аккумуляторов. Ключевые тренды: борьба с литиевыми дендритами (безопасность), повышение циклической стабильности (экономика использования), акцент на материалы катода/анода и их модификации, развитие твердотельных и литий-металл батарей как следующего поколения технологий.

Топ-20 правообладателей в рассматриваемой области представлен в Таблице 3.

Toyota Motor Corporation, занимающая первое место – крупнейший мировой автопроизводитель и один из ведущих разработчиков технологий в области энергетических материалов и систем хранения энергии. Компания активно патентует разработки в области топливных элементов (fuel cells), включая катализаторы, мембраны и системы хранения водорода. Является мировым лидером по внедрению водородных автомобилей (Toyota Mirai) и инфраструктуры H₂. Развивает аккумуляторные технологии (литий-ионные и перспективные твердотельные батареи) для

электромобилей. Инвестирует в фотовольтаику и возобновляемую энергетику для транспорта и «умных городов». Toyota выступает технологическим драйвером в области энергетических материалов, формируя глобальные тренды в водородной энергетике и аккумуляторных системах для транспорта.

Таблица 3

ПРАВООБЛАДАТЕЛИ	Заявки	Действующие патенты	Не действующие патенты
TOYOTA MOTOR (JP)	164	169	7
LG ENERGY SOLUTION (KR)	259	64	2
PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT (JP)	263	57	0
SAMSUNG SDI (KR)	119	31	0
NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY (CN)	64	48	1
LG CHEM (KR)	81	25	0
ZHUHAI COSMX BATTERY (CN)	47	38	16
CATL - CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY (CN)	82	16	0
SVOLT ENERGY TECHNOLOGY (CN)	37	44	12
HYUNDAI MOTOR (KR)	75	13	1
BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CN)	46	30	12
KIA (KR)	75	12	0
NISSAN MOTOR (JP)	44	35	2
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY (CN)	52	19	9
HONDA MOTOR (JP)	28	44	0
SUNWODA MOBILITY ENERGY TECHNOLOGY (CN)	57	10	0
HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY (CN)	32	29	5
GS YUASA INTERNATIONAL (EP)	47	15	1
PRIME PLANET ENERGY SOLUTIONS (JP)	13	50	0
HEFEI GUOXUAN HIGH TECH POWER ENERGY (CN)	33	15	13

LG Energy Solution, занимающая второе место – один из крупнейших мировых производителей аккумуляторных систем для транспорта, электроники и стационарных хранилищ энергии (выделен из LG Chem в 2020 г.). LG Energy Solution является одним из мировых лидеров в аккумуляторных технологиях, формирует патентные тренды в области катодных и анодных материалов, электролитов и твердотельных систем. Ключевой игрок в разработке литий-ионных аккумуляторов (NCM, NCMA) и перспективных твердотельных батарей. Активно патентует электродные материалы (катоды на основе никеля, аноды с кремнием, новые электролиты). Сотрудничает с автопроизводителями (Tesla, GM, Hyundai, Honda, Stellantis) для поставок аккумуляторов. Развивает направление рециркуляции и повторного использования батарей (battery recycling).

Panasonic Intellectual Property Management CO., LTD. – дочерняя структура корпорации Panasonic, отвечающая за управление, патентование и лицензирование интеллектуальной собственности в сфере электроники, аккумуляторов и энергетических технологий. Основное направление – аккумуляторные технологии, особенно литий-ионные батареи для электромобилей и портативной электроники. Крупный портфель патентов по катодным и анодным материалам, электролитам, системам повышения безопасности батарей. Исторически один из ведущих партнёров Tesla в области аккумуляторных систем. Активно работает над улучшением энергоёмкости и циклической стабильности литий-ионных элементов, а также над перспективными твердотельными аккумуляторами.

SAMSUNG SDI Co., Ltd. – дочерняя компания Samsung, специализируется на разработке и производстве аккумуляторов и энергетических решений для транспорта, электроники и стационарных систем. Один из мировых лидеров в области литий-ионных аккумуляторов (NCA, NCM) и твердотельных батарей. Обширный патентный портфель по катодным материалам с высоким содержанием никеля, кремниевым анодам, новым электролитам. Развивает технологии электромобильных батарей, сотрудничает с BMW, Volkswagen, Stellantis и другими автопроизводителями. Активен в области энергетических систем хранения (ESS) и аккумуляторов для авиации и космоса. Инвестирует в устойчивые и безопасные материалы, включая переработку батарей. Samsung SDI является ключевым игроком мировой аккумуляторной индустрии и задаёт технологические тренды в области высокоэнергоёмких и твердотельных аккумуляторов.

Портфель ведущих компаний (Toyota, LG Energy Solution, Panasonic, Samsung SDI и др.) демонстрирует комплексный подход: параллельные инвестиции в аккумуляторы, топливные элементы, водородную энергетику и солнечные технологии. Эти корпорации формируют глобальную конкуренцию и задают вектор развития отрасли, интегрируя патенты в цепочки создания добавленной стоимости — от транспортных решений до «умных городов» и устойчивой энергетики.

Таким образом, энергетические материалы и системы находятся в фазе интенсивного развития, где сочетание материаловедческих инноваций, инженерных решений и сенсорных технологий определяет будущее всей энергетической инфраструктуры. Наибольшие перспективы открываются в области пост-Li-ion технологий, водородной энергетики и новых классов фото- и термоэлектрических материалов, где конкуренция пока ниже, а инновационный потенциал особенно высок.

1.2.6 Защитные (барьерные) материалы и системы.

Аналитическое исследование в данном направлении охватывает широкий спектр решений, связанных с созданием материалов и покрытий, способных обеспечивать защиту человека, объектов инфраструктуры и технических систем от внешних воздействий химической, биологической и физической природы. В последние годы именно барьерные материалы становятся стратегической областью исследований, поскольку они объединяют достижения химии полимеров, нанотехнологий, биоинженерии и материаловедения.

Ключевая роль здесь принадлежит полимерным и композитным покрытиям, которые способны формировать непроницаемые или селективно проницаемые слои для блокировки проникновения агрессивных сред, токсичных газов и биологических агентов. Наряду с ними активно развиваются гибридные органо-неорганические системы, включающие наночастицы металлов, керамические компоненты или металл-органические каркасы, обеспечивающие дополнительную стойкость и антимикробные свойства.

Биологическая составляющая отражается в разработке материалов с встроенной биозащитой — например, антибактериальными покрытиями, системами с контролируемым высвобождением активных веществ или биополимерными пленками, применяемыми в медицине и фармацевтике. На стыке с сенсорикой формируются адаптивные барьерные материалы, которые способны

не только защищать, но и сигнализировать о воздействии опасных факторов, что особенно актуально для медицины, оборонной промышленности и охраны труда.

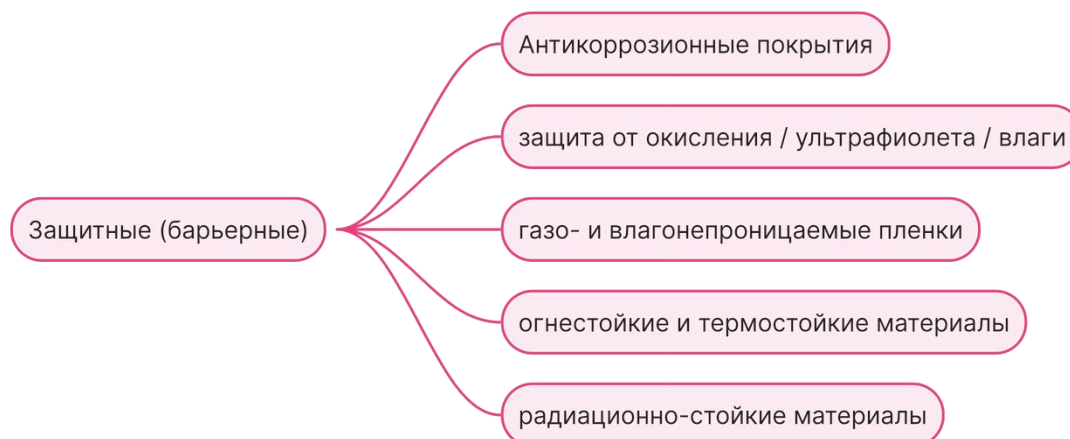


Рисунок 13. Раскрытие предметной области в направлении защитных материалов.

В целом предметная область демонстрирует переход от пассивных барьерных решений к интеллектуальным и многофункциональным системам, совмещающим защиту, диагностику и адаптацию к условиям эксплуатации. Это делает сегмент защитных материалов одной из наиболее перспективных областей для патентных разработок и промышленной коммерциализации.

Общая характеристика раздела предметной области.

1. Антикоррозионные покрытия

Классика: органические полимеры + ингибиторы коррозии (фосфаты, цинковые пигменты). Новые тренды: умные покрытия (self-healing, которые восстанавливаются при повреждении), наночастицы (ZnO, CeO₂, графен), биоосновные ингибиторы (например, аминокислоты, природные экстракты).

Часто такие покрытия идут для авиации, судостроения, энергетики.

2. Защита от окисления / ультрафиолета / влаги

Растёт интерес к многофункциональным покрытиям, которые одновременно защищают от УФ и влаги. В химии всё чаще применяют:

- гибридные органо-неорганические материалы (например, на основе силанов),

- наноструктуры с УФ-абсорбентами (TiO_2 , ZnO).
- Биоматериалы (например, хитозан) исследуются как экологичные барьерные покрытия для упаковки.
- Газо- и влагонепроницаемые плёнки

Ключевая сфера — упаковка пищевых и фармацевтических продуктов, а также электроника (OLED, солнечные панели). Здесь активно растёт сегмент биополимеров (PLA, PHA, целлюлозные наноматериалы). Перспектива — «green packaging» → биоразлагаемые барьерные плёнки с нанонаполнителями.

3. Огнестойкие и термостойкие материалы

Огромный блок патентов связан со строительством, текстилем, авиацией. Современные тренды:

- переход от галогенсодержащих антипиренов (вредные) → к фосфор-, азот- и кремнийсодержащим.
- нанокомпозиты (например, полимеры + наноглины или графен).
- биобазированные антипирены (например, производные крахмала, белковые системы).

4. Радиационно-стойкие материалы

Более узкая, но стратегически важная область (атомная энергетика, космос, медицина). Материалы:

- специальные полимеры (PEEK, полиимиды, фторполимеры),
- гибридные композиты с наночастицами (бор, редкоземельные элементы),
- полимеры, устойчивые к радиационной деструкции.

Здесь тренд на полимерные нанокомпозиты, которые одновременно лёгкие и стойкие.

Для проведения поиска использован поисковый запрос:

```
((corrosion resistant coat+ OR anticorrosion coat+ OR anti-corrosion film* OR oxidation resistant OR UV resistant OR moisture barrier OR gas barrier film* OR moisture barrier film* OR flame_retardant material* OR fire_resistant material* OR heat_resistant material* OR radiation resistant material* OR антикоррозионн+ покрыти* OR защита от окислени* OR защита от ультрафиолет+ OR влагозащитн+ OR газонепроницаем+ пленк+ OR влагонепроницаем+ пленк+ OR огнестойк+ материал+ OR термостойк+ материал+ OR радиационно-стойк+ материал+)) AND (IPC = C09D* OR C09K3* OR C23C* OR C08J* OR C08L* OR C09K21* OR C04B* OR C09K17*)
```

Для характеристики существующей ситуации в данном направлении был проведен патентный поиск за последние 5 лет (с 2020-01-01), позволяющий определить существующие тренды и тенденции.

При поиске использованы основные классы МПК:

Индекс	Расшифровка
C09D	покрытия (в т.ч. антикоррозионные).
C09K3/	антикоррозионные и защитные материалы (например, ингибиторы коррозии).
C23C	защитные покрытия на металлах (антикоррозионные, барьерные).
C08J	пленки, мембраны, слои (газо- и влагонепроницаемые).
C08L	композиции полимеров для защитных покрытий и пленок.
C09K21/	огнестойкие материалы (в т.ч. пластификаторы, наполнители).
C04B	термостойкие композиции (неорганические материалы).
C09K17/	радиационно-стойкие материалы.

По результатам проведения поиска была получена коллекция 5742 патентных семейства. Данные о патентной активности в данной нише представлены на рисунке 14.

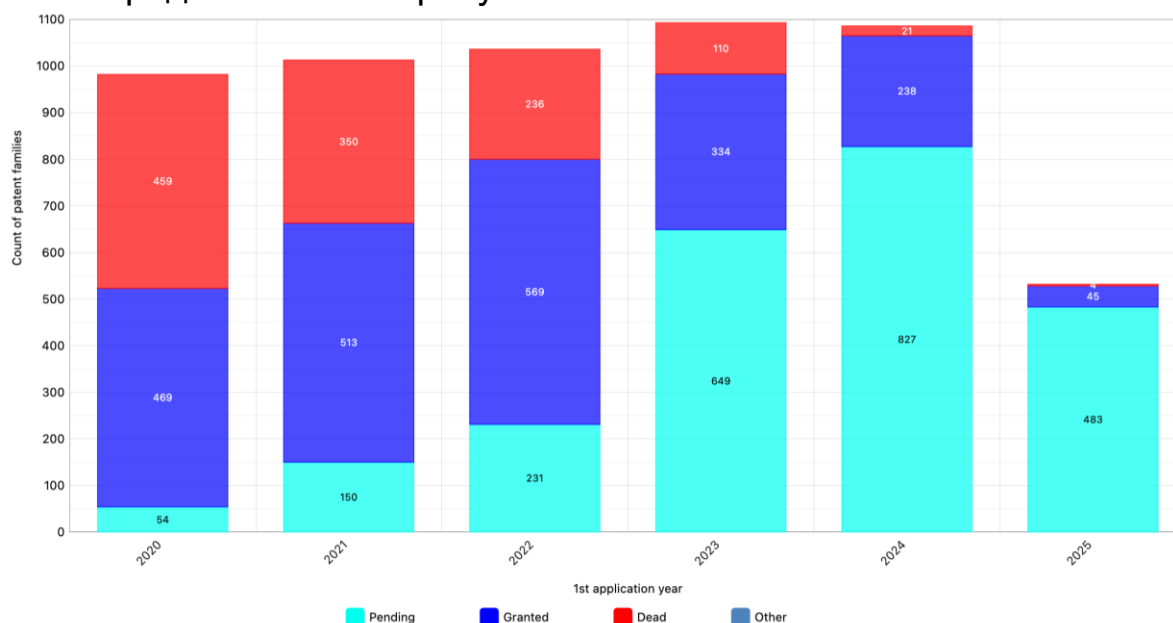


Рисунок 14. Патентная активность в нише химических и биологических материалов и систем, выполняющих защитную / барьерную функцию.

Поскольку лидером патентования в данной нише является Китай и число приходящихся на него патентных семейств составляет 3857 (большая часть коллекции), то он будет рассмотрен отдельно от всех прочих стран.

Китай

Примечательно, что в данном сегменте Китай обладает только заявками и действующими патентами, что говорит о том, что все не действующие патенты, представленные на рисунке 14 относятся к разработчикам из других стран. Данный факт указывает на

серьезность намерений Китая в отношении процесса становления лидером в данной нише, и также косвенно указывает на качество разработок.

Таблица 4.

ПРАВООБЛАДАТЕЛИ	Заявки	Действующие патенты
TPRI	29	17
KINGFA SCIENCE & TECHNOLOGY	5	25
BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	14	13
CHINA PETROLEUM & CHEMICAL	19	6
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY	13	12
NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY & ENGINEERING - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	15	9
SICHUAN UNIVERSITY	8	14
HUANENG HUNAN YUEYANG POWER GENERATION	19	2
XIAN JIAOTONG UNIVERSITY	17	4
INSTITUTE OF AUTOMATION - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	7	12
JILIN UNIVERSITY	8	10
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	8	9
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	9	8
CHANGZHOU UNIVERSITY	11	5
JIANGNAN UNIVERSITY	7	9
KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY	6	10
ZHEJIANG UNIVERSITY	15	1
AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE OF SPECIAL MATERIAL & PROCESS TECHNOLOGY	7	8
AMEC SEMICONDUCTOR EQUIPMENT	5	10
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY	6	9

TPRI (Tropical Pesticides Research Institute), занимающий первое место по числу патентов в нише, является национальным институтом, который занимается управлением регистрацией, импортом, формулированием, распространением и использованием пестицидов, включая биопестициды, в Танзании. TPRI также реализует проекты по снижению рисков, связанных с применением высокоопасных пестицидов, и ведет работу по поиску альтернатив таким веществам, что говорит о важной роли учреждения в области

химических и биологических систем с защитными и барьерными свойствами. TPRI участвует в разработке и контроле биологических средств защиты растений и агрохимических веществ с целью обеспечения их безопасности и устойчивого применения в сельском хозяйстве.

Компания KINGFA SCIENCE & TECHNOLOGY является одним из ведущих китайских производителей и разработчиков инновационных полимерных материалов, включая биоразлагаемые пластики с защитными и барьерными свойствами. Компания специализируется на синтезе сложных сополиэфиров, таких как ПБАТ (полибутиленадипат-сотерефталат), обладающих отличной термостойкостью, ударопрочностью и биоразлагаемостью. Эти материалы широко применяются в упаковке, одноразовых изделиях, сельскохозяйственных пленках и других защитных барьерах, обеспечивая экологически устойчивые решения, ориентированные на уменьшение загрязнения пластиком и углеродного следа. Также компания участвует в разработке высокопрочных барьерных пленок для асептической картонной упаковки, которые эффективно защищают продукты от света, кислорода и влаги, существенно продлевая срок их хранения. В 2024 году ими была представлена технология с усовершенствованными барьерными пленками, способствующая повышению надежности упаковочных систем и их защитных свойств.

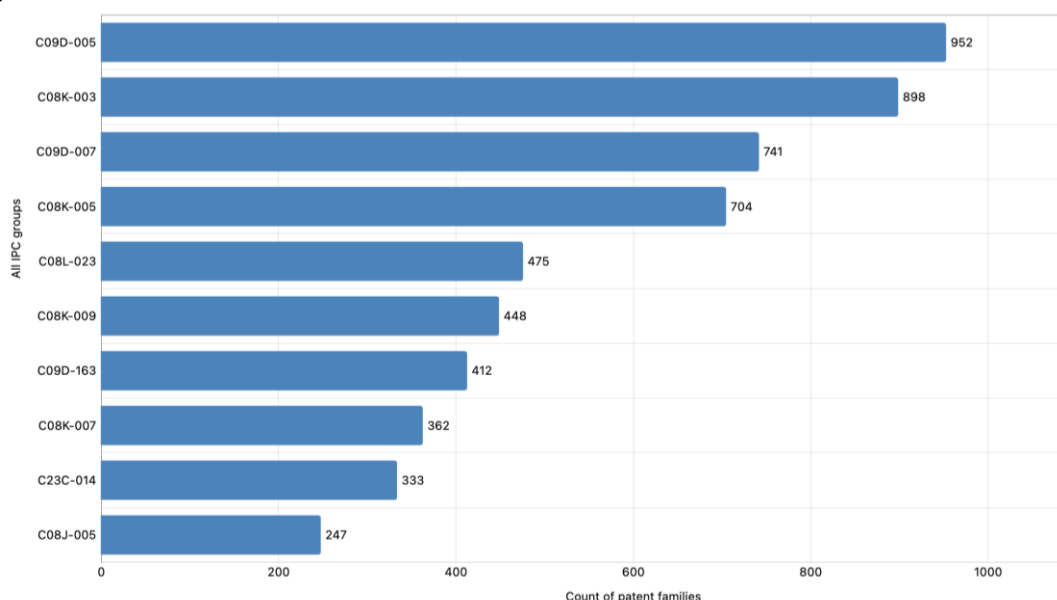


Рисунок 15. Распределение коллекции по индексам МПК.

Technologies & applications



© Questel 2025

Рисунок 16. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем с защитными/барьерными свойствами

В центре расположены ядра направлений: Corrosion resistant coating (антикоррозионные покрытия), Absolute ethyl alcohol (этанол высокой чистоты — как реагент и как компонент барьерных систем), Additive (добавки), Flame retardance (огнезащита), Auxiliary agent (вспомогательные вещества), Oxidation resistance (стойкость к окислению), Defect (дефекты и их контроль), Molar ratio (стехиометрия), Toughness (механическая прочность). Внешний слой раскрывает конкретные аспекты: материалы (epoxy resin, silane, filler), функции (heat preservation, toughness, hardness), задачи (коррозия, окисление, дефекты).

Коррозионная защита как ядро. Антикоррозионные покрытия — главный блок, отражающий доминирующий патентный фокус. Здесь упоминаются epoxy resin, coating layer, hardness, compressive performance → то есть акцент не только на химической стойкости, но и на механической долговечности. Это явно промышленный сегмент (строительство, машиностроение, авиация).

Механическая прочность и долговечность. Выделенные блоки Toughness, Defect, Oxidation resistance показывают, что патенты активно касаются проблем деградации: растрескивание, окисление, дефекты структур. Инженеры ищут решения, позволяющие барьерным материалам не просто быть химически стойкими, но и работать в условиях нагрузок.

Огнезащита как отдельное направление. Flame retardance выделена как самостоятельная тема. Внешние слои содержат brominated, phosphorus, halogen-free → это ключевой тренд: переход к экологичным безгалогенным антипиренам. Это отражает ужесточение норм по токсичности и устойчивости материалов.

Добавки и вспомогательные вещества. Блоки Additive и Auxiliary agent показывают, что значительная доля инноваций идёт не через «новые материалы как таковые», а через модификацию существующих систем добавками (например, silane coupling agents, fillers). Это более быстрый путь к коммерциализации, что объясняет патентную активность.

Интересная роль этанола. Появление блока Absolute ethyl alcohol указывает на его использование в качестве реагента или компонента при формировании покрытий, мембран и барьеров. Можно предположить, что часть патентов связана с биологической защитой (этанол как антисептик) или с технологиями приготовления/обработки барьерных материалов.

Кластер показывает, что патентная активность в области защитных химических и биологических материалов сосредоточена вокруг создания многофункциональных покрытий и систем, где главные задачи — антикоррозионная защита, огнестойкость, стойкость к окислению и повышение механической прочности. Отдельный фокус делается на модификации материалов через добавки, что говорит о практической ориентации исследований на быстрый вывод в промышленность. Экологический фактор также играет роль — особенно в сегменте антипиренов. В целом направление движется от традиционных пассивных барьеров к интеллектуальным и комплексным защитным системам.

Область «corrosion resistant coating» составила 2439 патентных семейств, её декомпозиция приведена на рисунке 17. В новом кластере центральное ядро по-прежнему занимает Corrosion resistant coating, но теперь вокруг него выделились отдельные аспекты:

Corrosion resistance как базовая характеристика,

Spraying (распыление) и Coating layer — то есть внимание не только на состав, но и на технологии нанесения покрытий,

Defect и Oxidation resistance — указание на контроль качества и долговечность, особенно в условиях агрессивной среды.

Таким образом, акцент смещён от общей химической стойкости к технологии формирования защитного слоя и обеспечению его целостности.

На внешнем кольце появляются связи с такими характеристиками, как hardness (твёрдость), comprehensive performance (комплексная производительность), service life (срок службы). Это показывает, что патенты в этой области смотрят на покрытия как на многофункциональные системы, объединяющие механическую прочность, химическую стойкость и долговечность.

Появление таких кластеров, как Ultrasonic treatment, показывает внимание к процессным инновациям — применение физических методов обработки для улучшения адгезии, плотности покрытия, удаления дефектов. Это говорит о том, что патентный фокус выходит за рамки «рецептуры» материалов и охватывает инженерные методы улучшения защитных систем.

Если на первом этапе «коррозионные покрытия» были просто обозначены как ключевой сегмент, то при углублении видно, что патенты фокусируются не только на химии материалов, но и на процессах нанесения, контроле дефектов и интеграции функциональных свойств. Таким образом выделим ведущие направления:

распыление и новые технологии нанесения,
композитные многослойные покрытия,
борьба с дефектами (дефоаминг, контроль трещин),
совмещение коррозионной защиты с механической прочностью и огнезащитой.

Таким образом, можно сделать вывод, что рынок и разработчики двигаются от узкой задачи «защитить от коррозии» к созданию универсальных барьерных систем, которые устойчивы к множественным видам деградации и при этом легко интегрируются в промышленное производство.

В рамках заданных трендов разработкой инноваций занимаются организации, представленные в таблице 5 (топ 10 среди правообладателей).

Таблица 5.

	Pending	Granted
TPRI	25	13
CHINA PETROLEUM & CHEMICAL	14	5
HUANENG HUNAN YUEYANG POWER GENERATION	17	2
NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY & ENGINEERING - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	11	8
BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	8	9
AMEC SEMICONDUCTOR EQUIPMENT	5	10
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	6	9
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY	8	7
XIAN JIAOTONG UNIVERSITY	12	3
INSTITUTE OF AUTOMATION - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	6	7

Деятельность TPRI была охарактеризована ранее. China Petroleum & Chemical Corporation (Sinopec), занимающая второе место в данной нише, крупная международная компания включает разработки в области полимерных материалов с защитными и барьерными функциями. Компания ведет активные исследования и

разработку композитных материалов и полимерных систем, применяемых для защиты от внешних воздействующих факторов, в том числе в нефтегазовой сфере. В патентных документах Sinopres представлены композиционные материалы, состоящие из нескольких слоев с различными наполнителями и специальной обработкой основ, что усиливает их барьерные и защитные свойства для различных технических применений. Кроме того, Sinopres активно внедряет полимерные технологии, направленные на улучшение свойств продукции в тяжелых условиях эксплуатации, включая термостойкость и устойчивость к коррозии. В компании также есть разработки, направленные на создание новых химических составов для нефтепромысловых технологий, что расширяет спектр применения их материалов в химических и биологических системах с защитными свойствами.

Компания Huaneng Hunan Yueyang Power Generation Co., Ltd. является дочерней компанией China Huaneng Group, одной из крупнейших государственных энергетических компаний Китая. Компания и её головная группа уделяют большое внимание инновациям в области технологий генерации электроэнергии, включая разработку и эксплуатацию современных угольных электростанций с ультрасверхкритическими установками, а также инициативам в области новых источников энергии, охраны окружающей среды и повышения эффективности.

Компания Huaneng Group известна своими новаторскими достижениями в китайской энергетической отрасли, такими как внедрение угольных энергоблоков ультрасверхкритического давления мощностью 600 МВт и 1000 МВт, строительство цифровых энергоблоков и внедрение технологии десульфурации морской воды. Компания активно внедряет инновации для повышения устойчивости, экологических стандартов и эксплуатационной эффективности в сфере производства электроэнергии. Это включает в себя разработку систем, устраняющих химические и экологические барьеры в работе электростанций, а также усилия по повышению чистоты и эффективности производства энергии.

Некитайский сегмент

География патентования не включая Китай представлена на рисунке 18. Исходя из данного рисунка видно, что первые 4 страны находятся почти на одном уровне по количеству подаваемых патентов за последние 5 лет – Япония, Европейский союз, Корея, США. Пятое и шестое место занимают Индия и Тайвань также находясь друг от друга в небольшом разрыве всего в 7 патентов, при этом отставая от первой четверки в два раза. Россия занимает 8-е

место, находясь между Канадой и Германией, опережая Мексику, Бразилию, Австралию, Тайланд, Францию, Великобританию и Вьетнам. Заявки, поданные в национальные ведомства европейских стран, не дублируют заявок, поданных в патентное ведомство европейского союза (EP).

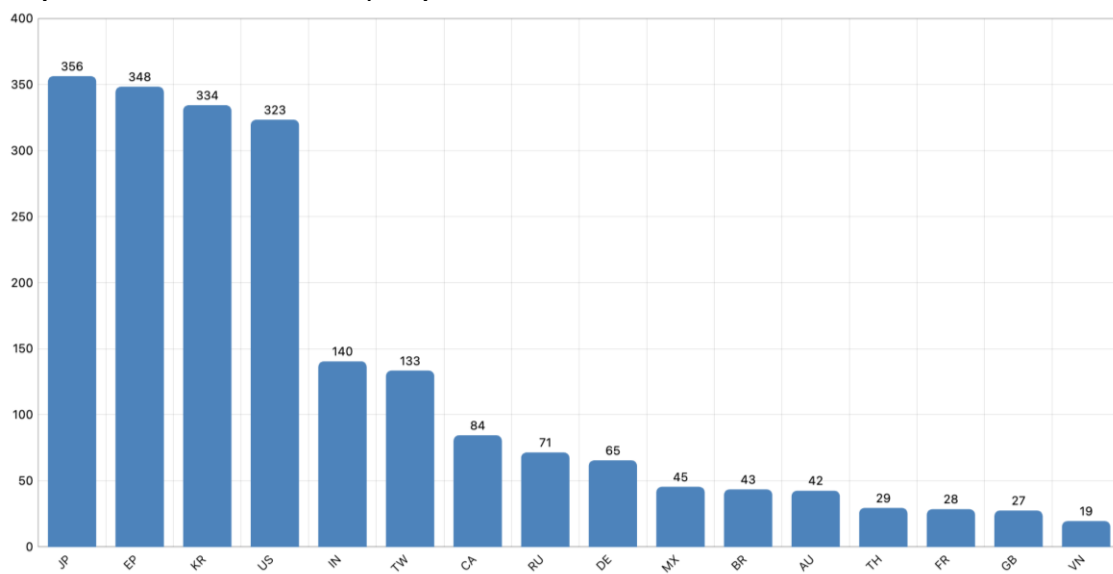


Рисунок 18. География патентования в нише химических и биологических материалов и систем, выполняющих защитную / барьерную функцию.

Далее представим топ-20 ключевых правообладателей по не китайскому сегменту в таблице 6.

Sekisui Chemical, занимающий первое место в не китайском сегменте, крупный японский производитель с богатым портфелем инноваций и патентов в области полимерных материалов и систем промышленного производства с защищенными и барьерными причинами. Компания разрабатывает высокопроизводительные смолы, композиционные материалы и специальные пленки, включая хлорированные поливинилхлоридные смолы с улучшенной устойчивостью к ограничению цвета и стойкости при контакте с кислотами. В число ключевых инноваций также входят материалы и технологии для производства углеродистых волокон, полиолефиновых пен с высокой огнестойкостью, а также клеевых лент с минимальным содержанием биобазированных компонентов и улучшенным клеевым эффектом.

Таблица 6.

ПРАВООБЛАДАТЕЛИ	Заявки	Действующие патенты	Не действующие патенты
SEKISUI CHEMICAL	8	11	2
THYSSENKRUPP STEEL EUROPE	8	5	0
CHUGOKU MARINE PAINTS	5	7	0
TOPPAN HOLDINGS	8	3	0
DENKA	1	8	0
LG CHEM	8	1	0
NITTO DENKO	9	0	0
HONEYWELL INTERNATIONAL	7	1	0
KOBE STEEL	2	6	0
YOULCHON CHEMICAL	0	8	0
KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY	4	3	0
STORA ENSO	0	7	0
TOPPAN	1	6	0
TOYOBO	6	1	0
BOEING	3	3	0
KRICT KOREA RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY	3	3	0
KROSAKI HARIMA	4	2	0
RESONAC	4	2	0
APPLIED MATERIALS	5	0	0
CNRS - CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	4	1	0

Sekisui Chemical активно патентует разработки в области силиконовых смол с высокой теплопроводностью и гибкостью, а также специальных пленок с барьерными и звукоизоляционными эффектами, применяемых в автомобилестроении и строительстве. Переход в патентных спорах, подтверждая активную охрану своих передовых технологий, обеспечивает высокий уровень научно-технических разработок и коммерческое значение их продукции. Для патентных исследований компания Sekisui Chemical сделала передовой инновационный вклад в химические и полимерные

материалы, что важно при анализе патентных ландшафтов в данной области.

ThyssenKrupp Steel Europe, занимающий второе место в рейтинге правообладателей, ведущий производитель стали с большим портфелем инноваций, в том числе в области защитных покрытий и барьерных материалов для стали. Компания разработала запатентованную систему безопасного пресса (SPS), которая повышает устойчивость материала к механическим и механическим повреждениям, защищая металл в различных климатических условиях. Эта уникальная технология утверждена патентом в промышленности и подтверждена эффективностью в надежной защите стали.

Среди патентов ThyssenKrupp Steel Europe представлены методы горячего алюминирования стали, улучшенные методы нанесения коррозионно-устойчивых покрытий на стальные листы, а также способы производства стальных плоских изделий с алюминиевыми и цинковыми защитными слоями, повышающими стойкость материала к повреждениям. Это включает в себя решения по устранению поражений с низкой склонностью к возникновению дефектов и продлению сроков обслуживания металла в различных промышленных применениях.

Таким образом, компания ThyssenKrupp Steel Europe выделяется инновационными защитными и барьерными стальными материалами и технологиями нанесения высокоэффективных покрытий, что имеет важное значение для анализа патентных ландшафтов в области защитных покрытий для металлов и полимерно-металлических барьерных систем.

Далее представим кластеризацию патентов по некитайскому сегменту на рисунке 19.

Technologies & applications



© Questel 2025

Рисунок 19. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем с защитными/барьерными свойствами.

В центре находится несколько ключевых блоков: Coating layer, Filler, Oxygen barrier, Fire resistant material, Epoxy resin, Anticorrosive coating. Это указывает, что патентные разработки концентрируются вокруг структуры защитного покрытия, включающей как базовую матрицу, так и функциональные добавки (наполнители, ингибиторы, модификаторы).

Термин «coating layer» выделен центрально и связан с такими подблоками, как base material, additive, film. Это указывает на системный подход: покрытия рассматриваются не как монокомпонентные системы, а как многослойные конструкции, где каждая часть несёт барьерную функцию (например, механическая защита, кислородный барьер, огнестойкость).

Блок «Filler» занимает крупное место, а среди подкластеров видны laminate, deterioration, dispersion. Это значит, что разработчики активно используют композиционные технологии: добавляют органические и неорганические наполнители для улучшения дисперсии, контроля разрушения и повышения стойкости. Интересно, что акцент сделан не только на создании новых наполнителей, но и на оптимизации их распределения внутри матрицы, что напрямую влияет на барьерные свойства.

Появление отдельного крупного кластера «Oxygen barrier» указывает на значимость защиты от окислительных процессов и

деградации. Здесь заметны связи с permeability (проницаемость) и oxidation resistance. Это напрямую связано с биологическими и пищевыми системами, где кислород является основным фактором старения и разрушения материалов. Таким образом, патенты охватывают как традиционные антикоррозионные задачи, так и барьерные технологии для упаковки и биоматериалов.

Крупный блок «Fire resistant material» объединяет органические и неорганические наполнители. Это отражает активное развитие гибридных систем, где, например, полимеры модифицируются наночастицами или минеральными добавками для замедления горения. Интересно, что это связывает защиту от огня с общими барьерными задачами — т.е. пожарная безопасность рассматривается как часть интегральной защиты.

Блок «Epoxy resin» с подкластером curing agent и binder показывает, что эпоксидные связующие по-прежнему являются стандартом в барьерных системах. Но акцент смещён на управление процессами отверждения (скорость, равномерность, дефекты), так как именно это влияет на долговечность и прочность покрытий.

В кластере «Adhesive layer» и «Crack» фиксируется внимание к проблеме адгезии и микротрещин. То есть не только рецептура материала важна, но и контроль качества слоёв, предотвращение растрескивания и отслоения — это один из ключевых вызовов.

Исходя из представленной аналитики можно сделать следующие выводы:

Виден сдвиг от узкоспециализированных решений к мультифункциональным барьерным материалам. Современные системы разрабатываются так, чтобы одновременно защищать от коррозии, огня, кислородной деградации и механических повреждений.

Большая роль уделяется структуре покрытия и наполнителям — разработчики ищут новые способы совмещения органических и неорганических фаз для создания универсальных защитных слоёв. На первый план выходит качество нанесения и контроль дефектов: адгезия, трещины, дисперсия наполнителей. Это подчёркивает технологическую зрелость направления — речь идёт уже не только о материалах, но и о производственных процессах.

Интересный момент — блок «Oxygen barrier» показывает, что технологии защитных покрытий для промышленности и для биологических/пищевых применений начинают сближаться, так как ключевые принципы барьерности одинаковы.

Проведённый патентный анализ по тематике химических и биологических защитных барьерных материалов и систем показывает, что современные исследования и разработки движутся в сторону создания мультифункциональных покрытий, сочетающих сразу несколько свойств: антикоррозионную защиту, огнестойкость, кислородный барьер, стойкость к механическим повреждениям и дефектам. Такая интеграция функций отражает общую тенденцию рынка: заказчики и конечные пользователи стремятся получать комплексные решения, которые позволяют снизить количество отдельных защитных слоёв и повысить надёжность эксплуатации. Для планирования собственных разработок важно учитывать выявленные перспективные направления: акцент на структуре покрытий и наполнителях показывает, что ключевой инновационный потенциал сосредоточен в области композиционных материалов и технологий распределения добавок. Исследования в области органо-неорганических гибридов, а также управление дисперсией наполнителей могут дать конкурентные преимущества. Технологии, актуальные для промышленной защиты от окисления, могут быть адаптированы для пищевой, медицинской и биотехнологической сфер, что создаёт возможности для выхода на новые рынки. Отдельного внимания заслуживает работа с процессами нанесения покрытий и контролем дефектов. Адгезия, микротрещины, равномерность отверждения — это ключевые точки, в которых формируется реальная долговечность и эксплуатационная ценность материалов. Следовательно, инвестиции в исследования не должны ограничиваться рецептурами, но и включать отработку технологических процессов и методов контроля качества. Таким образом, полученные данные позволяют сформулировать практическую стратегию: приоритет следует отдавать разработке интегрированных барьерных материалов, использующих современные композиционные технологии, с одновременной проработкой производственных решений, обеспечивающих стабильное качество. Это позволит не только соответствовать мировым трендам, но и предложить рынку продукты с высокой добавленной стоимостью, востребованные сразу в нескольких секторах — от энергетики и машиностроения до биомедицины и пищевой промышленности.

1.2.7 Структурно-механические материалы и системы

Данный раздел отражает одно из ключевых направлений в области химических и биологических материалов — структурно-механические материалы, которые обеспечивают повышение прочностных, упругих и эксплуатационных характеристик изделий. Их можно разделить на несколько подгрупп, представленных на рисунке 20.



Рисунок 20. Раскрытие предметной области в направлении энергетических материалов.

Упрочняющие материалы. Включают решения, направленные на повышение прочности и жёсткости композиционных и конструкционных материалов. Основные подходы:

Армирующие волокна (например, углеродные, стеклянные, арамидные), применяемые в композитах для увеличения механической прочности.

Нанонаполнители (углеродные нанотрубки, графен, наночастицы оксидов), обеспечивающие дополнительное упрочнение и модификацию структуры на наноуровне.

Износостойкие покрытия – материалы и технологические решения для защиты поверхностей от абразивного, коррозионного и механического износа. Перспективные направления: композиции на основе керамики, металлокерамики и полимеров с модифицирующими добавками.

Армирующие и демпфирующие системы – комплексные решения для сочетания прочности и способности поглощать механические колебания. Обеспечивают снижение вибрационных нагрузок, улучшение эксплуатационной надёжности изделий.

Гибкие эластичные материалы представляют собой класс материалов с повышенной деформируемостью и способностью

восстанавливать форму. Используются в гибкой электронике, биомедицинских устройствах, мягких робототехнических системах. Лёгкие и сверхлёгкие материалы направлены на уменьшение массы конструкций при сохранении или повышении их прочности.

Основные подтипы:

Аэрогели — ультралёгкие материалы с высокой пористостью и низкой плотностью, применяемые как теплоизоляционные и амортизирующие элементы.

Пористые структуры (металлические, керамические и полимерные), обеспечивающие комбинацию лёгкости и механической прочности.

В рамках патентных исследований данная часть предметной области охватывает широкий спектр материалов, используемых для повышения эксплуатационных характеристик конструкций. Особый интерес представляют технологии:

- применения наноразмерных наполнителей для модификации механических свойств,
- разработки сверхлёгких материалов (аэрогели, пористые структуры) с потенциалом для авиации, космоса и медицины,
- создания комплексных армирующих и демпфирующих систем, что особенно актуально для транспортного машиностроения и строительных технологий.

Таким образом, патентная активность в данной области ожидаемо будет высокой в секторах, где важны сочетание прочности, лёгкости и долговечности: авиация, автомобилестроение, оборонная промышленность, медицина, а также новые рынки — гибкая электроника и «умные» материалы.

Для проведения патентного поиска и формирования патентной коллекции для данной области был использован следующий поисковый запрос:

```
((structural material* OR mechanical material* OR composite material* OR nanocomposite*) AND (reinforcing fiber* OR carbon fiber* OR aramid fiber* OR nanofiller* OR nanoparticle* OR nanotube* OR graphene) OR (wear resistant coating* OR abrasion resistant* OR protective coating* OR ceramic coating* OR metal-ceramic) OR (damping system* OR vibration damping* OR shock absorbing material*) OR (flexible elastomer* OR elastic material* OR stretchable polymer* OR soft material* OR flexible electronic*) OR (aerogel* OR lightweight material* OR ultralight material* OR porous structure* OR metal foam* OR polymeric foam*)) OR ((структурн+ OR механическ+ OR композит+ OR нанокомпозит+) AND (армирующ+ материал+ OR армирующ+ волокн+ OR углерод+
```


волокн+ OR арамидн+ волокн+ OR нанонаполнител+ OR наночастиц+ OR углеродн+ нанотруб+ OR графен) OR (износостойк+ покрыт+ OR абразивостойк+ покрыт+ OR защитн+ покрыт+ OR керамическ+ покрыти+ OR металлокерамик+ OR композиционн+ покрыт+) OR (армирующ+ систем+ OR демпфирующ+ систем+ OR вибропоглощающ+ материал+ OR гашен+ колебан+ OR ударопоглощающ+ материал+) OR (эластомеры OR растяж+ полимер+ OR гибк+ электрон+) OR (лёгк+ материал+ OR сверхлёгк+ материал+ OR аэрогел+ OR порист+ материал+ OR металлическ+ пен+ OR полимерн+ пен+ OR ячеист+ структур+))

AND

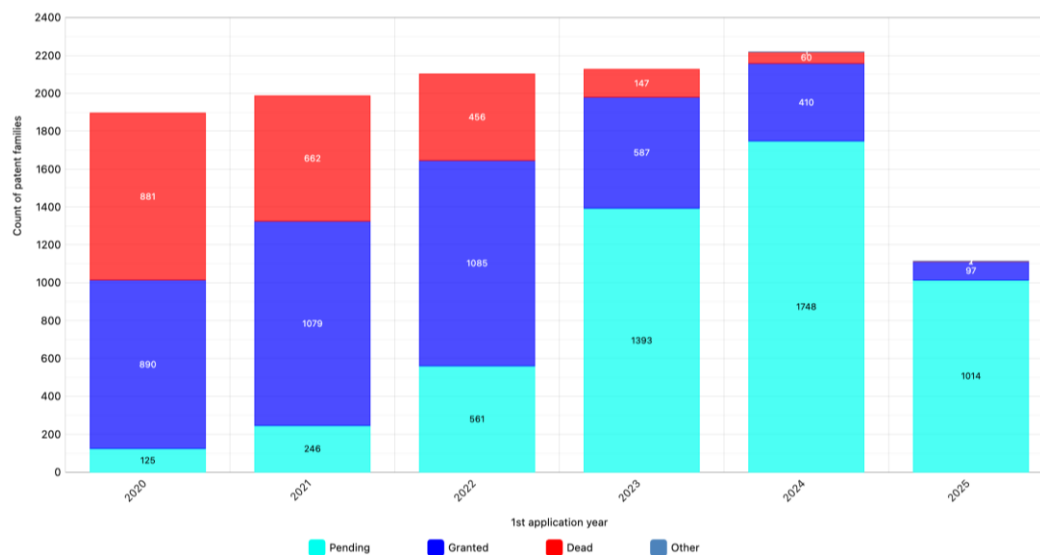
(IPC = C08L or C08K or C09D183/04 or C09D5/14 or C04B35/00 or B32B5/16 or B32B7/12 or F16F7/00 or C04B41/45 or C08J9/00 or C08G101/00 or B29C70/00)

Для характеристики существующей ситуации в данном направлении был проведен патентный поиск за последние 5 лет (с 2020-01-01), позволяющий определить существующие тренды и тенденции.

При поиске использованы основные классы МПК:

Индекс	Расшифровка
C08L, C08K	композиции полимеров и наполнителей (нанонаполнители, армирующие добавки).
C09D 183/04, C09D 5/14	покрытия на основе полимеров, износостойкие покрытия
C04B 35/00	неорганические композиционные материалы (керамические, армированные).
B32B 5/16, B32B 7/12	многослойные изделия с армирующими волокнами
F16F 7/00	устройства и материалы для демпфирования вибраций
C04B 41/45	пористые материалы, включая аэрогели
C08J 9/00	пористые, ячеистые, вспененные полимеры
C08G 101/00	эластомеры и гибкие материалы
B29C 70/00	изготовление изделий из композитных материалов

По результатам проведения поиска была получена коллекция 11445 патентных семейства. Данные о патентной активности в данной нише представлены на рисунке 21.



© Questel 2025

Рисунок 21. Патентная активность в нише химических и биологических материалов и систем, классифицированных по структурно-механическим параметрам.

Поскольку большая часть данной коллекции 9782 патентных семейств принадлежит китайским заявителям, китайский сегмент рассматривается отдельно.

Некитайский сегмент.

География некитайского сегмента представлена на рисунке 22. Страны, у которых менее 8 патентов на рисунке не представлены.

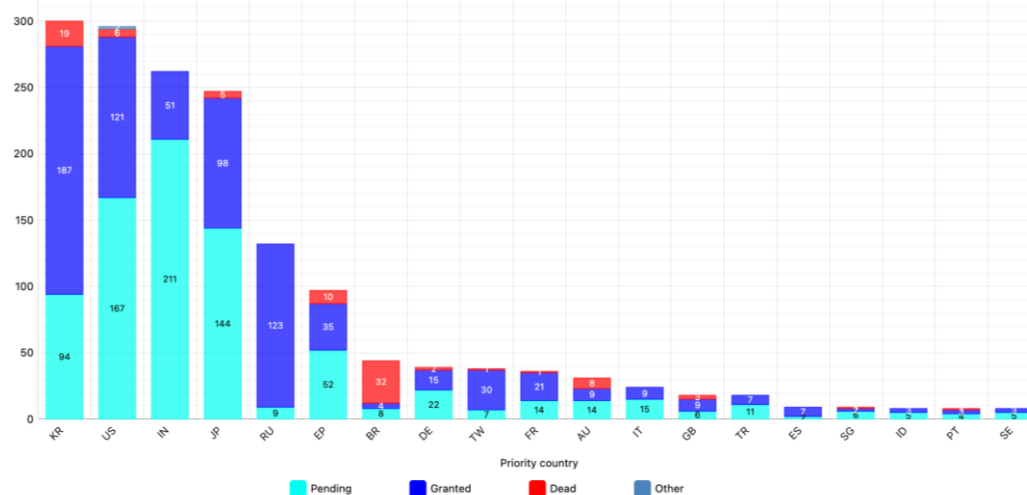


Рисунок 22. География патентования внутри некитайского сегмента.

Первые 2 места в рейтинге лидеров патентования включают в себя почти одинаковое количество патентов и принадлежат Корее и США. На третьем месте, опережая Японию уже находится Индия, что указывает на высокие темпы роста Индии за последние 5 лет. В пятерку лидеров в некитайском сегменте входит Россия, отставая от

первого места в 2 раза, однако, не имея не действующих патентов среди поданных за последние 5 лет заявок и обгоняя по своим показателям Европейский союз, страны Латинской Америки.

Далее представим кластеризацию патентов по некитайскому сегменту на рисунке 23.

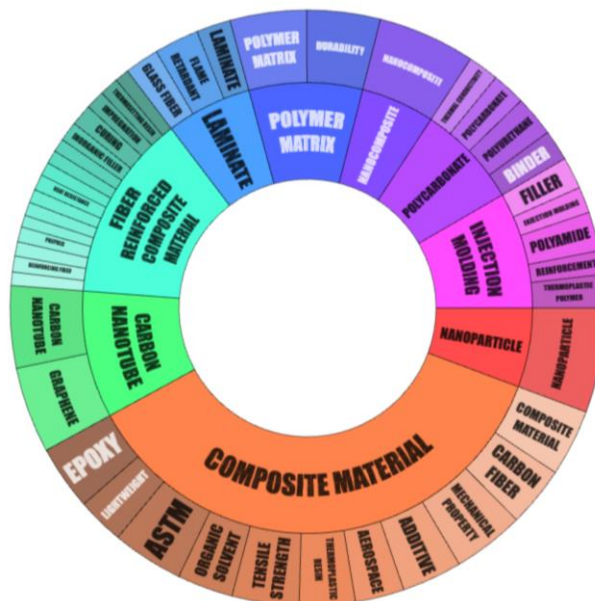


Рисунок 23. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем, классифицированных по структурно-механическим параметрам.

Центральное ядро — Composite Material (композитные материалы), вокруг которого распределяются ключевые направления развития. Основные технологические домены:

Matrix systems (матрицы для композитов)

Polymer matrix (полимерные матрицы) — один из крупнейших сегментов. Подтемы: durability (долговечность), nanocomposite, nanoparticle, polycarbonate.

Значимость: полимерные матрицы обеспечивают основу для углеродных и стекловолоконных композитов, задавая баланс механических и эксплуатационных характеристик.

Injection molding (литьё под давлением), polyamide, binder, filler — технологии переработки и наполнения матриц.

Reinforcement technologies (армирование).

Carbon fiber (углеродное волокно) и fiber reinforced composite material — традиционная и наиболее массовая группа армирующих решений. Glass fiber (стекловолокно) и laminate — более дешёвые и широко применяемые альтернативы углеродным материалам.

Nanostructured additives (наноусилители). Carbon nanotube, graphene, nanoparticle — сегмент, связанный с модификацией свойств (прочность, теплопроводность, электропроводность,

барьерные свойства). Находится на стыке фундаментальных исследований и прикладных технологий.

Functional materials & applications (прикладные направления)

Ероху (эпоксидные смолы) — ключевой компонент матриц и связующих.

ASTM (стандартизация и тестирование) — отдельный пласт, связанный с оценкой и нормированием свойств.

Tensile strength (прочность на растяжение) — показатель, вокруг которого сосредоточены исследования.

Aerospace (авиация и космос) — главная прикладная отрасль, где востребованы композиты.

Additive — развитие технологий 3D-печати композитами.

Фокус на высокотехнологичных применениях: авиация, аэрокосмическая отрасль, стандартизация (ASTM), сертификация материалов. Усиленный акцент на наноматериалах: патенты активно касаются углеродных нанотрубок и графена — направлений, где традиционно сильны США, Европа, Япония и Корея. Баланс между фундаментом и прикладом: с одной стороны, исследуются базовые свойства (nanoparticles, durability), с другой — приложения (aerospace, injection molding). Доминирование углеродных волокон: ключевая армирующая технология.

Некитайский патентный ландшафт в области композитов формируется вокруг трёх опор:

Полимерные матрицы и смолы (ероху, polyamide, polycarbonate).

Армирование углеродными и стекловолокнами.

Модификация наноматериалами (углеродные нанотрубки, графен).

Прикладной вектор — авиация, космос, машиностроение, а также новые технологии (аддитивное производство).

По сравнению с китайским сегментом (который, как правило, более массово сосредоточен на промышленных применениях и масштабировании), некитайские патенты фокусируются на: повышении характеристик (прочность, долговечность, износостойкость), создании новых наноструктурированных решений, стандартизации (ASTM, испытания).

Ключевые правообладатели некитайского сегмента приведены в таблице 7.

Таблица 7.

ПРАВООБЛАДАТЕЛИ	Заявки	Действующие патенты	Не действующие патенты
TORAY INDUSTRIES	36	15	0
FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE BUDZHETNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDIENIE VYSSHEGO OBRAZOVANIJA KABARDINO BALKARSKIJ GOSUDARSTVENNYJ UNIVERSITET IM KH M BERBEKOVA Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшее Образование Кабардино-Балкарский Государственный Университет им. К. Х. Бербекова	5	34	0
KOREA INSTITUTE OF SCIENCE & TECHNOLOGY	6	11	1
NIPPON KAYAKU	10	7	0
SOLVAY SPECIALTY POLYMERS USA	12	3	1
INHA INDUSTRY PARTNERSHIP INSTITUTE	5	8	1
MITSUBISHI GAS CHEMICAL	11	3	0
KRICT KOREA RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY	2	10	1
NIPPON STEEL CHEMICAL & MATERIAL	11	2	0
TEIJIN	8	5	0
BOEING	4	7	0
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION KABARDINO BALKARIAN STATE UNIVERSITY NAMED AFTER KH M BERBEKOV KBSU	0	11	0
KOREA CARBON INDUSTRY PROMOTION AGENCY	3	6	2
GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS	6	3	1
AMRITA VISHWA VIDYAPEETHAM	8	1	0
MITSUBISHI CHEMICAL	8	1	0
SAVEETHA INSTITUTE OF MEDICAL & TECHNICAL SCIENCES	9	0	0
SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY	4	5	0
TORAY ADVANCED MATERIALS	4	5	0
ARKEMA	3	5	0

Toray Industries — японская химическая компания, занимающая первое место в не китайском сегменте, основана в 1926 году. Основные направления деятельности: производство волокон и текстиля, пластиковых плёнок и смол, углеродных волокон и композитных материалов, экологической инженерии, медицинские и фармацевтические продукты. Углеродные волокна TORAYCA™ —

одна из самых узнаваемых марок в индустрии. Используются как в аэрокосмическом секторе, так и в автомобильной, спортивной, рекреационной промышленности. Toray выпускает как терморезактивные «prepregs» (смолы + армирующие волокна), так и термопластичные композиты, включая CFRTP (углеродное волокно в термопластичной матрице). Собственные исследовательские лаборатории, включая «Composite Materials Research Laboratories», занимающиеся развитием углеродных волокон, смол, prepreg'ов, тканей, обработки композитов, дизайна и анализа.

Toray Advanced Composites (приобретение TenCate) расширило возможности в термопластичных и термосетных композиционных материалах, облегчая доступ к различным форматам (prepreg, ленты, ткани, ламинаты) и к рынкам аэрокосмоса, автопрома и высокотехнологичных промышленных применений.

Второе место по числу патентов в неазиатском сегменте занимает российский университет – ФГБУ ВО Кабардино-Балкарский Государственный Университет им. К. Х. Бербекова. В университете действует Центр коллективного пользования «Полимеры и композиты» (ЦКП) при Научно-образовательном центре «Полимеры и композиты». Также существует Центр прогрессивных материалов и аддитивных технологий (ЦПМАТ). Исторически университет имеет мощную базу по химии высокомолекулярных соединений (полимеров), синтезу поликонденсационных полимеров, рецептур и технологий изготовления композитов и нанокомпозитов — например, на основе PVC, PET и органофункционализированных глинистых минералов.

Китайский сегмент

В китайский сегмент входят патенты, поданные по приоритету в Китае, т.е. китайскими заявителями. При этом среди более чем 9 тысяч китайских патентов почти 1/3 (2112) уже не действуют на текущий момент времени; 4528 патентов находятся на рассмотрении на стадии заявки, а 3412 выданы и действуют. Кластеризация патентов по китайскому сегменту на рисунке 24. Центральные узлы отражают ключевые технологические направления, а периферия – уточняющие темы исследований и применения.

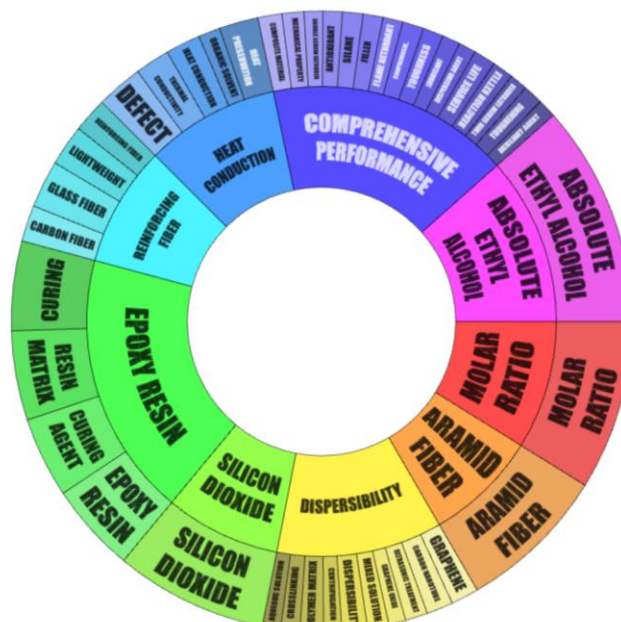


Рисунок 24. Кластер ключевых направлений в рамках области химических и биологических систем, классифицированных по структурно-механическим параметрам (китайский сегмент).

Ключевые технологические кластеры:

1. Epoxy Resin (эпоксидные смолы, зелёный сектор).

Подтемы:

- Curing (отверждение)
- Resin Matrix (связующая матрица)
- Curing Agent (отвердители)

Фокус: создание матричных систем на основе эпоксидных смол, оптимизация процессов отверждения, разработка рецептов для композитов. В Китае это — один из основных сегментов развития композитных материалов, особенно в авиации, транспорте и строительстве.

2. Silicon Dioxide (диоксид кремния, жёлто-зелёный сектор). Темы: дисперсность, равномерность распределения наполнителя, взаимодействие с полимерной матрицей. Свидетельствует о широкой работе с нанонаполнителями (SiO_2) для улучшения механики, термостойкости и износостойкости полимерных композитов.

3. Dispersibility (диспергируемость, жёлтый сектор). Темы: методы улучшения распределения частиц, предотвращение агломерации, взаимодействие с матрицей. Важный аспект для нанокомпозитов: от качества диспергирования зависит прочность и долговечность.

4. Aramid Fiber (арамидное волокно, оранжевый сектор). Использование высокопрочных армирующих волокон. Подтемы:

композиты с графеном, углеродными наноматериалами, улучшение интерфейсного взаимодействия. Китай активно развивает арамидные материалы для обороны, защиты и аэрокосмоса.

5. Molar Ratio (молярные соотношения, красный сектор). Связано с подбором рецептур и условий синтеза полимеров/смол. Применимо к разработке термореактивных связующих и нанокомпозитов.

6. Absolute Ethyl Alcohol (этиловый спирт, розовый сектор). Используется как растворитель, среда для модификации наполнителей или функционализации поверхности. В китайских исследованиях важен для технологии обработки наночастиц и армирующих волокон.

7. Comprehensive Performance (комплексные свойства, фиолетовый сектор). Подтемы: механическая прочность, ударная вязкость, теплостойкость, устойчивость к старению, износостойкость. Свидетельствует о том, что китайские исследователи системно оценивают совокупные эксплуатационные характеристики, а не только отдельные показатели.

8. Heat Conduction (теплопроводность, голубой сектор). Связано с разработкой композитов с повышенной теплопроводностью (например, для электроники и теплового менеджмента).

9. Defect (дефекты, синий сектор). Темы: предотвращение микротрещин, пустот, расслоений. Подчёркивает внимание к качеству производства и надёжности композитов.

10. Reinforcing Fiber (армирующие волокна, бирюзовый сектор). Подтемы: стекловолокно, углеродное волокно, лёгкие армирующие системы. Акцент на облегчённые конструкции для транспорта, строительства, авиации.

Общие выводы по китайскому сегменту. Основной фокус – эпоксидные смолы как матрица для композитов. Направления развития: работа с наполнителями (SiO_2 , графен, наночастицы), армирующими волокнами (углеродные, арамидные, стеклянные).

Ключевые технологические задачи: улучшение диспергируемости, управление молярными соотношениями и процессами отверждения, предотвращение дефектов. Прикладная ориентация: комплексные свойства (прочность, теплопроводность, долговечность) для транспорта, аэрокосмоса, электроники. Особенность китайского сегмента: сильная проработка технологических аспектов производства (растворители, дефекты, молярные соотношения) и ориентация на промышленное внедрение.

Ключевые правообладатели некитайского сегмента приведены в таблице 8.

Таблица 8.

ПРАВООБЛАДАТЕЛИ	Заявки	Действующие патенты	Не действующие патенты
SICHUAN UNIVERSITY	64	76	10
CHINA PETROLEUM & CHEMICAL	86	36	6
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	56	44	13
BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY	55	29	14
LANZHOU INSTITUTE OF CHEMICAL PHYSICS - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	38	44	8
JILIN UNIVERSITY	34	41	11
SHAANXI UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY	38	21	17
AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE OF SPECIAL MATERIAL & PROCESS TECHNOLOGY	24	33	10
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	24	25	15
QINGDAO UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY	25	16	13
KINGFA SCIENCE & TECHNOLOGY	10	35	8
DONGHUA UNIVERSITY	30	19	3
FUZHOU UNIVERSITY	17	26	4
NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY & ENGINEERING - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	24	19	4
NORTH UNIVERSITY OF CHINA	12	26	7
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY	13	18	13
SHANGHAI UNIVERSITY	19	17	7
BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	22	18	2
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY	25	7	10
JIANGNAN UNIVERSITY	15	19	5

Sichuan University (Университет Сычуань) занимает первое место по числу патентов в китайском сегменте, обладая главным исследовательским центром — State Key Laboratory of Polymer Materials Engineering, Polymer Research Institute, Sichuan University, Chengdu. Sichuan University занимает значимое место в китайском сегменте по таким направлениям как полимерные матрицы, армирующие волокна, нанонаполнители, экологическая устойчивость / рециклируемость. Университет успешно сочетает фундаментальные исследования (структура-свойство, морфология, интерфейсные явления) с прикладными задачами: производство композиционных материалов, их свойств, новых типов композитов, экологических решений. Большой объем патентной деятельности,

сильные связи с промышленностью и коммерческой реализацией, наличие грантов и проектов как внутри Китая, так и международных.

Таким образом китайский сегмент характеризуется сильной ориентацией на промышленное внедрение: эпоксидные матрицы, работа с нанонаполнителями (SiO_2 , графен, наночастицы), арамидными и стекловолоконными армирующими материалами, а также систематической проработкой технологических аспектов производства и контроля качества.

Раздел демонстрирует ключевую роль структурно-механических материалов в современных химических и биологических системах, обеспечивая сочетание прочности, лёгкости, долговечности и функциональности изделий.

Основные технологические тренды включают:

- создание и оптимизацию композитных матриц;
- применение армирующих и демпфирующих систем для повышения механических характеристик и долговечности;
- разработку сверхлёгких и пористых структур, аэрогелей, а также гибких эластичных материалов;
- активное использование наноматериалов для модификации механических, тепловых и электрических свойств;
- фокус на стандартизацию, сертификацию и комплексную оценку эксплуатационных характеристик.

Таким образом, структурно-механические материалы остаются стратегически важной областью исследований и промышленного развития, сочетая фундаментальные науки с прикладными технологиями. Высокая патентная активность и глобальная конкуренция указывают на растущий интерес к новым решениям, способным обеспечить конкурентные преимущества в авиации, космической отрасли, автомобилестроении, строительстве, гибкой электронике и «умных» материалах.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Стратегические рекомендации для университета по результатам проведенного исследования.

Сфокусироваться на пост-Li-ion технологиях.

В условиях высокой конкуренции в классических литий-ионных батареях университету целесообразно концентрироваться на новых направлениях: твёрдотельные электролиты, литий-металл аккумуляторы, натрий- и калий-ионные системы. Эти области активно развиваются, но ещё не насыщены патентами в той же мере, что традиционные Li-ion, что открывает возможность занять технологические ниши.

Укрепить позиции в водородной энергетике.

Россия пока существенно отстаёт в патентной активности, однако направление водородных технологий (катализаторы, мембраны, материалы хранения) остаётся глобально стратегическим. Университет может развивать компетенции в MOF- и COF-структурах для хранения водорода, а также в недорогих катализаторах для топливных элементов, где мировой рынок ищет альтернативы дорогим платиновым материалам.

Развивать исследования по новым фотовольтаическим и термоэлектрическим материалам. Патентная активность здесь невелика, что говорит о меньшей конкуренции и высоком потенциале. Перспективными являются:

- перовскитные солнечные элементы (решение проблем стабильности),
- органическая фотовольтаика и квантовые точки (гибкость, прозрачность, интеграция в IoT),
- термоэлектрики нового поколения (SnSe, органические, биоразлагаемые материалы для IoT-датчиков).

Необходимо рассмотреть возможность интеграции сенсорики в исследования по энергетике.

Университету стоит развивать in situ-сенсоры для диагностики аккумуляторов, топливных элементов и фотовольтаики. Это создаёт синергию между двумя ключевыми областями — сенсорики и энергетическими материалами, усиливая позиции университета в международной повестке.

Формировать международные партнёрства.

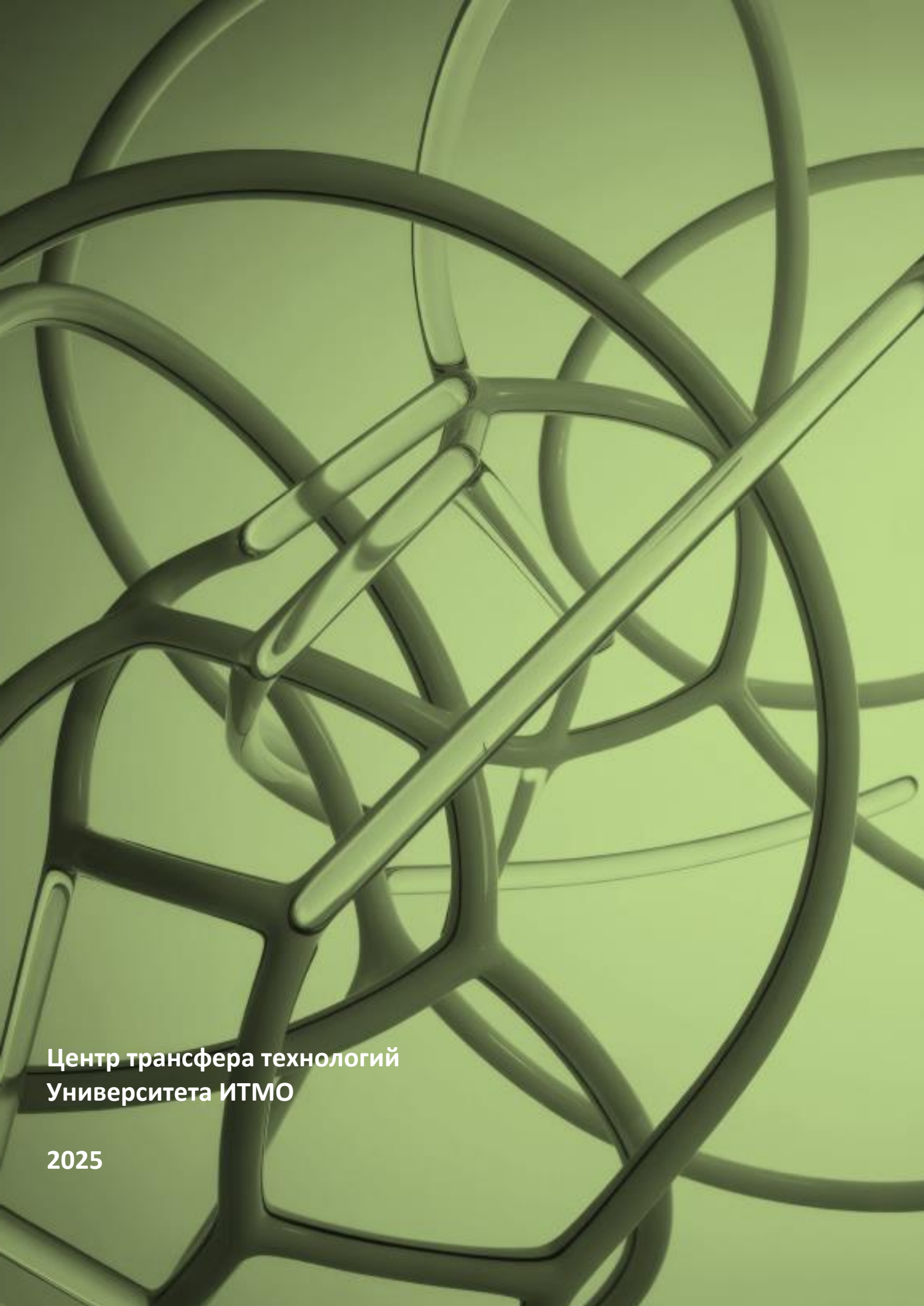
Учитывая лидерство Китая, Японии и Южной Кореи, целесообразно выстраивать партнёрства с университетами и промышленными центрами этих стран, ориентируясь на совместные проекты и публикации. Это повысит видимость университета и позволит участвовать в формировании будущих технологических стандартов.

Поддерживать коммерциализацию через spin-off и стартапы.

Исследования в области энергетических материалов особенно перспективны для создания spin-off-компаний. Университету важно развивать экосистему стартапов (например, в области водородного хранения или сенсоров для диагностики батарей), обеспечивая коммерциализацию через венчурные механизмы и промышленные партнёрства.

Список использованных источников

1. Pelissier, P.-M., Grabowska, M. and Bergamini, M., Innovation trends in industrial biotechnology: a patent landscape analysis, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/8476579>, JRC139154.
2. Pablo Carbonell, Abdullah Gök, Philip Shapira, Jean-Loup Faulon Mapping the patent landscape of synthetic biology for fine chemical production pathways // Special Issue: Microbial Biotechnology-2020. – Volume 9, Issue 5. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12401>.
3. Lidan Jiang, Fang Zou, Yali Qiao, Ying Huang Patent analysis for generating the technology landscape and competition situation of renewable energy // Journal of Cleaner Production. – Volume 378, 10 December 2022, 134264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134264>.
4. Marius A. Stoffels, Felix J. R. Klauck, Thomas Hamadi, Frank Glorius, Jens Leker Technology Trends of Catalysts in Hydrogenation Reactions: A Patent Landscape Analysis // Advanced Synthesis & Catalysis. – 2020. – Volume 362, Issue 6. – Pages 1258-1274. <https://doi.org/10.1002/adsc.201901292>
5. Sebastien Lizin, Julie Leroy, Catherine Delvenne, Marc Dijk, Ellen De Schepper, Steven Van Passel A patent landscape analysis for organic photovoltaic solar cells: Identifying the technology's development phase // Renewable Energy. – 2013. – Volume 57. – Pages 5-11. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.01.027>
6. Massimo Barbieri Patent landscape analysis: How to find information on hydrogen peroxide industrial syntheses // Science Talks. – 2024. – Volume 12. <https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2024.100400>
7. Simon C. Mueller, Philipp G. Sandner, Isabell M. Welp Monitoring innovation in electrochemical energy storage technologies: A patent-based approach // Applied Energy. – 2015. – Volume 137. – Pages 537-544. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.082>
8. Reda El Boukhari, Ahmed Fatimi Patent Landscape and Applications of Organic Menthol Crystals: An In-Depth Analysis of Emerging Trends and Industrial Applications // Chem. Proc. – 2024, 15(1). – P. 2. <https://doi.org/10.3390/chemproc2024015002>.



Центр трансфера технологий
Университета ИТМО

2025