

УДК 330.34

*А. Е. Гришковец*

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Москва,  
e-mail: agrishkovets@yandex.ru

*Л. А. Шмелева*

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Москва,  
e-mail: lyashmeleva@fa.ru

## АНАЛИЗ РЫНКА ГРАФЕНА И МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ В РОССИИ

**Ключевые слова:** анализ, рынок, графен, инновационные материалы, перспективы развития.

Производство графена и графеновых материалов в мире растет, особенно в таких странах как США, Китай и Япония, но в России этот рынок развивается значительно медленнее. Конкурентная борьба в классическом понимании на российском рынке графена отсутствует, на рынке остаётся мало промышленных предприятий, готовых работать с 2D-материалами и добавлять их в свою продукцию, что ограничивает широкое применение графена в стране. В основном производители развиваются на базе НИИ и университетов. Несмотря на невысокий уровень конкуренции, российский рынок графена имеет потенциал для дальнейшего роста, который может быть осуществлен через привлечение инвестиций, организацию мер государственной поддержки и увеличение заинтересованности предприятий различных отраслей частного сектора в использовании графена.

*A. E. Grishkovets*

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,  
e-mail: agrishkovets@yandex.ru

*L. A. Shmeleva*

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,  
e-mail: lyashmeleva@fa.ru

## ANALYSIS OF THE MARKET FOR GRAPHENE AND MATERIALS BASED ON IT IN RUSSIA

**Keywords:** analysis, market, graphene, innovative materials, development prospects.

The production of graphene and graphene materials in the world is growing, especially in countries such as the USA, China and Japan, but in Russia this market is developing much more slowly. There is no competition in the classical sense in the Russian graphene market; there are few industrial enterprises on the market willing to work with 2D materials and add them to their products, which limits the widespread use of graphene in our country. Manufacturers mainly develop on the basis of research institutes and universities. Despite the low level of competition, the Russian graphene market has the potential for further growth, which can be achieved through attracting investments, organizing government support measures and increasing the interest of enterprises in various private sector sectors in the use of graphene.

### Введение

На сегодняшний день графеновая индустрия России значительно отстает от зарубежных лидеров в Китае, США, Южной Корее и Евросоюзе. В России нет государственной программы развития графеновых технологий. В основном производители развиваются на базе НИИ и университетов. По оценкам аналитиков, России для сокращения отставания потребуется принять экстраординарные меры по финансированию в современные технологии, научные исследования и экологию на рынке графена.

За рубежом графен находится в стадии внедрения или уже внедрен в продукции многих компаний. В смартфонах Huawei Mate 20X и Huawei P30 Pro еще в 2019 году были применены технологии охлаждения графеновой пленкой. Компанией «First Graphene» был разработан недорогой и высокоэффективный электрокатализатор, основанный на графене.

Электрокатализаторы необходимы, например, для популярного и развивающегося уже сегодня способа получения «зеленого» водорода путем электролиза (AquaVentus).

Они способны заменить используемые сейчас дорогие и редкие металлы, такие как иридий и рутений, которые значительно увеличивают стоимость производства водорода. Себестоимость производства на сегодняшний день составляет 10 \$, но уже к 2050 году она будет на уровне 1-2 \$.

Компания «Sparc Technologies» и Департамент инфраструктуры и транспорта Южной Австралии объявили о том, что они будут внедрять графеновое покрытие на объектах инфраструктуры, сделанных из стали, таких как, например, мосты и причалы. Стороны уже подписали соглашение, в соответствии с которым в ближайшее время они проведут работы на мосту Вест-Бич в Аделаиде и причале Стреаки-Бей на полуострове Эйр.

Себестоимость производства преобразователей-резонаторов Neutrino Power Cubes во многом определяется стоимостью выращивания чередующихся нанослоев графен-кремний, которых на одной алюминиевой подложке содержится от 12 до 20. Кроме того, наносятся нанослои легирующих элементов для создания плёночных p-n переходов для пропуска электрического тока только в одном направлении. Учитывая, что в одном преобразователе-резонаторе Neutrino Power Cube тысячи электрогенерирующих пластин, то сама технология выращивания нанослоев должна быть доступной и дешёвой.

Первые промышленные образцы бесплодных генераторов поступят на рынок в ближайшие годы, а исследовательские и экспериментальные работы по созданию Pi-Car электромобиля будут завершены в течение 3 лет. Сейчас происходит старт процесса трансформации энергетического сектора на основе безэмиссионной, безопасной технологии энергогенерации, для удовлетворения актуальной постоянно растущей потребности в энергии и строится фундамент для нового разумного и “чистого” взаимодействия человека и природы.

Целью исследования является проведение анализа рынка графена и материалов на его основе, а также выявление ключевых тенденций и перспектив его развития.

#### **Материал и методы исследования**

Теоретические исследования в области создания графена проводились намного раньше, чем удалось произвести первые опытные образцы. Первые опыты, кото-

рые проводились в 30-40-е годы прошлого столетия, показали, что двумерные пленки термодинамически неустойчивы. Именно этот факт послужил причиной тому, что на поверхности сыпучих материалов было возможно получить исключительно монослойные структуры. Далее разработки шли в области получения монослоев углерода при помощи химического осаждения коллоидных растворов оксида графита или углеводородов на металлические подложки или их карбиды. Данные разработки проводились в 1960-70 гг. Также были и иные способы, при помощи которых удалось выяснить, что высокотемпературная обработка карбида кремния испарением кремния приводит к образованию однослойных углеродных пленок. Далее этот способ получил название: получение графена при помощи эпитаксиального роста. У всех этих способов есть общий большой недостаток. Полученные пленки имели толщину не менее 20-30 слоев, поэтому полученные образцы нельзя назвать графеном в полной мере [6].

Прорыв в получении графена свершился в 2004 году, когда началось изготовление монослойных и двухслойных образцов. Это удалось сделать благодаря адгезионным лентам, при помощи которых получилось выделить монослой графена из графита, а далее перенести их на кремниевые подложки с оксидным слоем толщиной 300 нанометров. Графен обладает уникальными электронными свойствами, что безусловно не могло остаться без внимания. Как только это было продемонстрировано научному сообществу, исследования в области графена стали развиваться со стремительной скоростью. Причем исследовались именно те свойства графена, которые ранее можно было обосновать лишь теоретически.

Благодаря всем исследованиям выделились основные категории графена в зависимости от его способа получения: отщеплённый, химический, эпитаксиальный графен на металле или карбиде кремния, CVD-графен (на никеле или меди).

На данный момент ведутся научные исследования и разработки в области графена, что способствует его внедрению на российском рынке. Ожидается, что с развитием технологий производства и снижением стоимости графена, спрос на него в России будет расти, особенно в секторах высоких технологий. Российские компании и универ-

ситеты занимаются исследованиями и разработками графена, что способствует росту отечественного рынка этого материала.

В условиях санкций национальным предприятиям ограничен доступ к новым технологиям. Данное обстоятельство снижает конкурентоспособность отечественных производителей и увеличивает технологическое отставание на рынке графена.

Несмотря на наличие в России нескольких компаний, производящих графен и графеновые материалы, установить их точное число сложно. Во-первых, их количество на российском рынке в принципе очень ограничено, так генеральный директор компании «Русграфен» Максим Рыбин в 2020 году в статье «Продавцы графена», опубликованной в онлайн-журнале «Стимул», к основным производителям графена относит всего 8 компаний: «Графенокс», «Нанотехцентр», «Актив-нано», ПКФ «Альянс», «АкКО Лаб», «Граф-СК», «Графсенсорс» и «Русграфен» [5]. Однако, не все из числа этих компаний функционируют в данный момент времени: ООО «АкКО Лаб» не действует с 14 апреля 2022 года, а ООО «Граф-СК» не предоставляло бухгалтерской отчетности с 2021 года. Также некоторые организации формально существуют и ещё не были ликвидированы, однако не демонстрируют какой-либо активности и каких-либо финансовых результатов за последние годы, имеют нулевую выручку, расходы и продажи (ООО «Графен Лайф»).

Во-вторых, не все из оставшихся на сегодняшний день компаний специализируются на производстве графена. Так, ООО «Актив-нано» и ООО «Нанотехцентр» производят разнообразный ассортимент наноматериалов, не только графен, но также большое количество композитов с металлической и керамической матрицей (Актив-нано) и промышленных газов (Нанотехцентр). Поэтому и по причине отсутствия какой-либо информации о продажах, определить долю графена в выручке этих компаний невозможно. В связи с этим, эти компании нельзя отнести к числу основных конкурентов.

Если анализировать оставшихся участников, то можно сделать вывод о низком уровне конкуренции на российском рынке графена, что обусловлено несколькими ключевыми факторами.

Во-первых, в нашей стране отсутствуют государственные программы развития графеновых технологий. Вторая причина – это недостаточная заинтересованность частно-

го сектора в графене и отсутствие навыков работы с двумерными материалами. Неготовность коммерческих предприятий использовать графен в своём производстве обусловлена дополнительными сложностями, возникающими при использовании наноматериалов. Предположительно это связано с тем, что графен является промежуточным продуктом, который используется в качестве ресурса для производства других товаров. Чаще всего его применяют для модификации различных композитных материалов и полимеров для увеличения их прочности и придания им электропроводящих и других полезных свойств. В связи с этим, возникает проблема: графен, как и любой наноматериал, обладает очень мелкими фракциями, из-за чего его очень сложно внедрить в другие материалы такие как краска, чернила, бетон и т. д. и также сложно равномерно распространить его в их среде. Для этого требуются определённые навыки и специальное оборудование. Именно с этой проблемой гендиректор компании «Русграфен» Максим Рыбин связывает неготовность российских предприятий использовать графеновые материалы в своей продукции.

Другими словами, в России использование графена в производстве, всё ещё сопряжено с дополнительными сложностями, что определённо не играет в пользу привлекательности данного материала для инвесторов. По этой причине значительная часть графена в России используется не в промышленных, не в производственных, а в исследовательских целях, то есть производится учёными для научных исследований лабораторий и вузов.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Проведенный анализ позволил выделить четыре основные конкурирующие компании на рынке графена и материалов на его основе в РФ. Среди них: Графенокс, Русграфен, ПКФ Альянс и Силур. При отборе компаний мы исходили из следующих критериев: во-первых, организации должны быть действующими на данный момент; во-вторых, они должны иметь умоглядные финансовые результаты, которые можно найти и проанализировать; в-третьих, графен и материалы на его основе должны быть основным продуктом компаний или занимать значительную долю в их производстве.

ООО «Русграфен» действует на рынке с 18.05.2015, зарегистрировано в Москве. Компания производит чистый графен (двумерную графеновую пленку) и графеновые нанопластины в виде порошка. Чистый графен компания производит методом химического газофазного осаждения (CVD-методом). Русграфен стал первой компанией в России, начавшей производить CVD-графен. Это чистая монослойная плёнка атомов углерода, которую компания синтезирует с помощью компактных лабораторных установок CVD Satellite Pro. Кроме этого, в ассортименте продукции компании представлен графеновый порошок марки RG-S1 и марки RG-T1 более мелкой фракции, а также оксид графена [2].

Помимо самого графена компания также реализует специализированное оборудование для синтеза материала CVD-методом, а также аппаратуру для внедрения его в другие вещества. Русграфен является крупнейшим поставщиком установок для производства графена в России. Всю продукцию компании и в том числе оборудование можно приобрести в их онлайн магазине, кроме этого, там можно заказать бесплатные образцы.

В 2021 г. активы компании составили 4022 тыс. руб., а в 2022 г. выросли до 14 718 тыс. руб., цепной темп прироста при этом равен 265,9%.

Выручка в 2022 г. возросла на 564,8% и составила 359 тыс. руб., тогда как в 2021 г. была 54 тыс. руб. Чистая прибыль в 2022 г. увеличилась на 6896,5% со 172 до 11690 тысяч рублей. Из этого следует, что большую часть дохода Русграфен получает не от продаж. Наибольшую долю в структуре доходов компании в 2022 г. занял показатель «прочие доходы», тогда как выручка от реализации товаров составила меньше 2%. О реальных объемах производства продукции компании Русграфен информация отсутствует.

ООО «Графенокс» из Черноголовки, Московской области, действует с 11.10.2017. Отличительной особенностью компании является её ассортимент, который значительно шире, чем у других участников рынка. ООО «Графенокс» выпускает не только графеновую пленку и нанопластины, но также оксид графена в виде водных суспензий, паст и мембран и даже аэрогель из оксида графена [1].

Таким образом, в отличие от других компаний, ООО «Графенокс» производит не только графен, который в чистом виде в про-

мышленности применим далеко не всегда, но и большое количество его модификаций, с которыми работать намного проще. Но самое главное то, что предприятие кроме материалов на основе графена (суспензий, мембран и др.) производит также разнообразные продукты и изделия с применением этих материалов: огнезащитные покрытия, электропроводящие краски, графеновые чернила. Все эти продукты обладают большей применимостью и большим качеством, чем наноматериал в чистом виде, и это самое главное. Так компания ООО «Графенокс» приближается к решению проблемы непривлекательности графена для промышленных компаний.

Однако ООО «Графенокс» – это очень небольшое предприятие. Активы компании в 2022 году составили 457 тысяч рублей, что на 6,9% меньше чем в 2021 г. Выручка на конец 2022 года снизилась на 8,5% и оказалась равна 119 тыс. руб., при этом компания получила нулевую прибыль.

ООО «ПКФ Альянс» действует с 17.07.2017, место осуществления деятельности – Санкт-Петербург. Активы в 2022 г. составили 2,7 млн. руб. Выручка за 2022 – 23 тыс. руб., за 2021 – 146 тыс. руб., отрицательный прирост – минус 81,5% Прибыль в 2022 – 143 тыс. руб., выросла на 4033,3% по сравнению с предшествующим годом [4].

ООО «Силур» действует с 13.06.2006, производство находится в Перми. Организация специализируется на продуктах на основе графита. С марта 2023 года производит графен, в сотрудничестве с «Русграфеном» был запущен участок производства графеновых нанопластин (ГНП) производительностью до 5 кг за один цикл, это примерно 100 кг в месяц, при этом руководство компании неоднократно акцентировало внимание на возможности масштабирования производства. ООО «Силур» применяет на своём производственном участке специальную установку, использующую технологию ультразвука для производства графеновых наночастиц методом технологического расщепления слоёв графита. Эта универсальная модульная ультразвуковая система была разработана и поставлена компанией «Русграфен» и, по заявлению гендиректора компании, на данный момент не имеет аналогов. Эта технологическая система может применять ультразвук не только для расслоения графита, но также для эффективного внедрения ГНП в другие материалы [3].

Главные сильные стороны компании – это большие производственные мощности и современная технологическая база, но ассортимент небольшой, пока что из всех существующих графеновых материалов ООО «Силур» производит только ГНП. Производимые наночастицы планируется использовать для производства литиевых батарей, а также проводящих красок, чернил и смазочных материалов.

Из всех рассматриваемых нами компаний ООО «Силур» является самой крупной с большим отрывом от остальных. На конец 2022 г. организация имела активы в размере 945,8 млн. рублей.

Выручка по основному виду деятельности за 2022 г. составила 1 286 696,00 тыс. руб. без НДС, по торговле 33 373,00 тыс. руб. Себестоимость проданной продукции собственного производства составила 489 940 тыс. руб., по торговле 26 159 тыс. руб. Коммерческие расходы составили 83 420 тыс. руб. Управленческие расходы составили 253 739 тыс. руб. Чистая прибыль за 2023 г. составила 336 309 тыс. руб.

В 2022 г. наблюдался рост выпуска продукции по сравнению с 2021 годом. За 2022 выручка по основному виду деятельности без налога составляла 1 286 696 тыс. руб., по торговле 33 373 тыс. руб., а в 2021 соответственно 703 542,00 и 18 612,00 тысяч рублей. Таким образом, абсолютный прирост выручки по основному виду деятельности составляет 583 179 тыс. руб., это 82,9% в относительном приросте.

Однако, производство графена – это новое направление развития компании, основу производства ООО «Силур» составляют уплотнительные материалы из графита. Поэтому, очевидно, ГНП занимает меньшую долю в выручке компании, однако точный её размер оценить сложно.

### Заключение

Объем производства графена и графеновых материалов в мире растет, особенно в странах, таких как США, Китай и Япония,

но в России этот рынок развивается значительно меньше. Конкурентная борьба в классическом понимании отсутствует на российском рынке графена. Вместо конкуренции компании-производители графеновых материалов чаще сотрудничают друг с другом. Хотя в России существуют компании, способные производить графен в достаточных количествах, но на рынке остаётся мало промышленных предприятий, готовых работать с 2D-материалами и добавлять их в свою продукцию, что ограничивает широкое применение графена в стране.

Несмотря на невысокий уровень конкуренции, российский рынок графена имеет потенциал для дальнейшего роста, который может быть осуществлен через привлечение инвестиций, организацию мер государственной поддержки и увеличение заинтересованности предприятий различных отраслей частного сектора в использовании графена.

Графен продолжает оставаться одним из наиболее перспективных материалов в современной науке и технологиях благодаря своим уникальным свойствам – высокой прочностью, гибкости, теплопроводности и электропроводности, что делает его применимым для многих отраслей, от передовых электронных устройств до эффективных методов лечения заболеваний.

Хотя для развития производства графена и материалов на его основе еще многое предстоит усовершенствовать, его потенциал безусловно огромен. Благодаря постоянным усилиям ученых и инженеров, графен становится более доступным и применимым в реальных продуктах.

Для того чтобы в полной мере раскрыть перспективы графена, необходимо продолжать инвестировать в исследования и разработки, а также активно развивать масштабное производство высококачественного графена. Именно таким образом графен сможет реализовать свой истинный потенциал и принести революцию в различные отрасли науки, технологий и промышленности.

### Библиографический список

1. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности ООО «Графенок». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bo.nalog.ru/organizations-card/10406089> (дата обращения: 02.03.2024).

2. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности ООО «Русграфен». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bo.nalog.ru/download/bfo/pdf/10406089?period=2022&detailId=47135113> (дата обращения: 10.03.2024).

3. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности ООО «Силур». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bo.nalog.ru/organizations-card/2238927#clarifications> (дата обращения: 22.03.2024).

4. Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности ООО «ПКФ Альянс». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bo.nalog.ru/organizations-card/10306990> (дата обращения: 14.03.2024).

5. Кто и как развивает графеновые технологии в России и мире: взгляд компании «Русграфен». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vc.ru/u/539601-rusgraphene/164899-kto-i-kak-razvivaet-grafenovyetehnologii-v-rossii-i-mire-vzglyad-kompanii-rusgrafen> (дата обращения: 05.03.2024).

6. Углеродные наноматериалы: учебное пособие / Р.Р. Мулюков, Ю.А. Баимова. Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. 160 с.