

## ГРАФЕН И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Медведев Л. Ю.**

Научный руководитель – Уласик Т. М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь

**Аннотация.** Графит – столь известный нам минерал.  
Графен – столь загадочный материал.

### **Введение**

Каждый из нас хоть раз в жизни держал простой карандаш в руках, либо пользовался им. Графитные карандаши известны с XVI века. Мощная буря, прошедшая по Англии в местности Камберленд, вывернула с корнями деревья, и тогда местные пастухи обнаружили в обнажившейся земле под вывернутыми корнями некую тёмную массу, которую они посчитали углём, который поджечь, однако, не удалось. Из-за цвета, схожего с цветом свинца, месторождение приняли за залежи этого металла, но и для изготовления пуль новый материал оказался непригоден. Тогда, после разных проб, они поняли, что эта масса оставляет хорошие следы на предметах, и воспользовались этим, чтобы метить своих овец. В дальнейшем они начали производить из него тонкие заострённые на конце палочки и использовали их для рисования. Эти палочки были мягкими, пачкали руки и подходили только для рисования, но не для письма. В XVII веке графит продавали обычно на улицах. Художники, чтобы было удобнее и палочка не была такой мягкой, зажимали эти графитовые «карандаши» между кусочками дерева или веточками, оборачивали их в бумагу или обвязывали их бечёвкой [1].

*ГРАФИТ* (от греческого *grapho* — пишу) — минерал класса самородных элементов, одна из полиморфных модификаций углерода, термодинамически стабильная в условиях земной коры.

Природные графиты различают по величине кристаллов и их вза-

имному расположению на явнокристаллические и скрытокристаллические. В промышленности по величине кристаллов выделяют крупнокристаллические (свыше 50 мкм), мелкокристаллические (менее 50 мкм) и тонкокристаллические (менее 10 мкм) графиты. Спайность весьма совершенная. Черта тёмно-серая до чёрного. Жирен на ощупь, пачкает руки. Блеск металлический. Анизотропен. Твёрдость по минералогической шкале 1-2. Плотность 2250 кг/м<sup>3</sup>. Огнеупорен — не плавится при нормальном давлении, температура сублимации выше 4000 К. Электропроводен — электрическое сопротивление кристаллов  $0,42 \cdot 10^{-4}$  Ом/м. Химически стоек. Характерны также низкий модуль упругости, высокая удельная теплоёмкость, хорошее сопротивление термическому удару, коррозионная стойкость [2].

### ***Графит в природе***

По происхождению — метаморфический, магматический. Промышленные скопления связаны в основном с метаморфическими месторождениями. Магматические месторождения редки и приурочены к щелочным и ультраосновным породам. Вещественный состав руд зависит от генезиса. Обычно присутствуют силикатные минералы (кварц, полевой шпат, слюда, глинистые минералы). В мраморах с графитом обычно ассоциируют карбонаты. Различают три типа графитовых руд: чешуйчатые, плотнокристаллические, скрытокристаллические.

Месторождения чешуйчатого графита локализуются в гнейсах, кварцитах, мраморах. Образуются при метаморфизме древних осадочных толщ. Форма залежей пласто- и линзообразная, выдержана по мощности и протяжённости. Графитовые чешуйки образуют рассеянную вкрапленность в породе [3].

Но задумывался ли кто – то из вас, что простой карандаш не такой уж и простой. Хоть он вошёл в жизнь человека ещё в XVI веке, однако некоторые его весьма экзотические свойства стали известны лишь в начале XXI века.

### ***Открытие графена***

Лауреатами Нобелевской премии по физике за 2010 год стали выходцы из России - Андре Гейм и Константин Новосёлов, которые сейчас проживают в Западной Европе, в том же 2010 году Андрей Гейм и Константин Новосёлов получили золотые медали и почётные дипломы Нобелевской премии. Их открытием был «Графен».

*Графен* – это монокристаллический слой, образованный из атомов углерода, который, как и графит, имеет решётку в форме сот. А графит это, соответственно, уложенные друг на друга в стопочку графеновые слои. Слои графена в графите связаны между собой очень слабыми Ван-дер-Ваальсовыми связями, потому и удаётся, в конце концов, оторвать их друг от друга. Когда мы пишем карандашом, это пример того, что мы снимаем слои графита. Правда, след карандаша, остающийся на бумаге, это ещё не графен, а графеновая мультислойная структура. [4]

### ***Перспективы применения***

Сегодня физики из Корейского ведущего научно-технического института (KAIST) представили результаты своей работы, в ходе которой они создали сверхпрочный материал из графена и металла.

Новый материал представляет собой сплав из меди, никеля и графена. При этом последний делает медь прочнее в 500 раз, а никель — в 180.

Графен состоит из плотно соединённых атомов углерода, выстроенных в решётке толщиной в один атом. Это делает его самым тонким веществом в мире, которое при этом в 200 раз прочнее стали, гибкое, растяжимое, самовосстанавливающееся, прозрачное, проводящее и даже сверхпроводящее. Квадратный метр графена весом всего в 0,0077 грамма может выдерживать четыре килограмма нагрузки. Это удивительный материал, что, впрочем, не удивляет учёных и технических специалистов. [5]

Приведём примеры использования графена в революционных технологиях и промышленности:

#### ***1. Ультратонкие источники освещения***

Представьте себе источник освещения толщиной в один атом. Исследователи из США и Южной Кореи обнаружили, что, пропуская ток через небольшие полоски графена, можно достичь его нагревания и свечения. Один из авторов работы назвал это «самой тонкой в мире лампочкой». Интеграция светящегося графена в одежду стала революционной.

#### ***2. Сверхпроводники***

Графен проявляет свойства сверхпроводника, то есть электричество протекает через него с нулевым сопротивлением. Эффект проявляется при соединении вещества с оксидом празеодим-церия-меди. По мнению многих экспертов, сверхпроводники на основе графена

послужат основой для электроники будущего.

### ***3. Динамики нового типа***

Обычные микрофоны и динамики производят звук за счёт волны давления в воздухе, физически перемещаясь назад и вперёд. Использование графена может изменить технологию. С его помощью можно периодически изменять температуру воздуха с очень высокой скоростью — этого достаточно для генерации звука на слышимых частотах. Однослойный динамик можно будет внедрить прямо в экран смартфона.

### ***4. Лёгкие бронезилеты***

Как показало недавнее исследование, всего двух слоёв графена достаточно, чтобы выдержать воздействие алмазного наконечника. Эта особенность позволит производить лёгкие, но прочные бронезилеты. Интересно, что защиту предоставляют именно два слоя — добавление дополнительных слоёв уничтожает эффект.

### ***5. Совершенные фильтры***

Фильтрующие способности графеновых мембран намного превышают любые известные нам материалы. Например, в недавнем эксперименте было установлено, что такая мембрана удалила 85% соли из морской воды. Для питья этого недостаточно, но для сельского хозяйства приемлемо. С помощью графена также можно извлекать из жидкости красящие вещества, как в эксперименте с виски, проведённом в Манчестерском университете (США). Напиток, прошедший через графеновый фильтр, потерял свой цвет и стал прозрачным.

### ***6. Умные краски***

Представьте, что специальное покрытие, нанесённое на здание, изменит цвет, сигнализируя о необходимости ремонта. Это не фантазия, а разработка немецких учёных: созданное ими графеновое покрытие указывает на трещины и повреждения, меняя цвет. Чешуйки графена наносятся на здание под специальным углом и в нормальных условиях остаются бесцветными. В случае повреждений угол их наклона меняется и они начинают иначе отражать свет, окрашиваясь в яркие цвета. Существует возможность усовершенствовать технологию так, чтобы определённые цвета говорили, насколько срочно необходим ремонт.

### ***7. Диагностические инструменты***

Графен может эффективно обнаруживать проблемы со здоровьем.

Исследователи из Техасского университета создали из него временные татуировки, которые отслеживали температуру тела и другие важные показатели. А в другом исследовании использование графена помогло диагностировать рак: поместив на лист этого материала клетки мозга, исследователи выявили злокачественные.

### **8. Батареи с рекордной скоростью зарядки**

Использование графена позволит многократно сократить время зарядки батарей. Китайская компания Dongxu Optoelectronic создала аккумулятор под названием G-King, с ёмкостью 4800 мА·ч, которая заряжается до полного объёма всего за 15 минут. Батарея способна выдержать 3500 циклов зарядки.

### **9. Сверхпрочная обувь**

Удивительные свойства графена могут стать новой ступенью в развитии одежды, в том числе обуви. Спортивные кроссовки из этого материала уже созданы. Подошвы из графитового композитного каучука намного прочнее и более эластичны, чем традиционные материалы, что делает обувь более устойчивой к износу. [6]

## **Заключение**

Даже в самых знакомых нам материалах могут быть обнаружены совершенно новые свойства, которые будут полезны для человека.

## **Литература**

1. Википедия – универсальная интернет-энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> – Дата доступа: 20.03.2019.

2. Уласик, Т. М. Инженерная геология: лабораторный практикум для студентов строительных специальностей / Т. М. Уласик. – Минск : БНТУ, 2016. – 11 с.

3. Горная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/> – Дата доступа: 20.03.2019.

4. Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.niic.nsc.ru> – Дата доступа: 20.03.2019.

5. Вести. Наука [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauka.vesti.ru> – Дата доступа: 20.03.2019.

6. Хайтек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hightech.fm/> – Дата доступа: 20.03.2019.