

УДК 54.01

## УГЛЕРОД – ВЕЧНЫЙ СПУТНИК ЧЕЛОВЕКА

**Калимуллин Ильдар Рамильевич**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: kalimullinildar2000@gmail.com

**Нурғалиева Юлия Серёковна**, студент, специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: deadfrog228@gmail.com

Научный руководитель: **Каныгина Ольга Николаевна**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры химии, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: onkan@mail.ru

***Аннотация.** Нехватка энергетической и сырьевой баз является основной проблемой человечества, что формирует актуальность данной работы. Целью статьи является рассмотрение одного из наиболее эффективных источников энергии и сырья – углерода. Главным подходом данной работы является разностороннее рассмотрение углерода, как на атомном, так и на вещественном уровнях. Методы исследования включают в себя анализ реальных моделей химии и материалов. Основные полученные результаты исследования позволили удостовериться в том, что разработка новых веществ и соединений на основе углерода, продукты нефте- и газоперерабатывающей отраслей широко используются человечеством. Научная новизна работы раскрывается в комплексном рассмотрении углерода, как главного сырьевого и энергетического источника. Информация, представленная в работе, может быть использована для последующих исследований и корректировок ресурсной и энергетической обеспеченности для поддержания наиболее актуальных данных, а также при дальнейших исследованиях в энергетическом и сырьевом значениях углерода.*

***Ключевые слова:** углерод, химия, полиморфные модификации, алмаз, графит, уголь, энергия, топливо, сырье.*

***Для цитирования:** Калимуллин И. Р., Нурғалиева Ю. С. Углерод – вечный спутник человека // Шаг в науку. – 2020. – № 3. – С. 14–18.*

## CARBON IS THE ETERNAL COMPANION OF MAN

**Kalimullin Idar Ramilevich**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: kalimullinildar2000@gmail.com

**Nurgalieva Yulia Serekovna**, student, specialty 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: deadfrog228@gmail.com

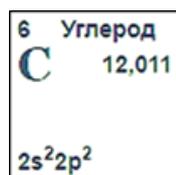
Research advisor: **Kanygina Olga Nikolaevna**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: onkan@mail.ru

***Abstract.** Lack of energy and raw material bases is the main problem of mankind, which forms the relevance of this work. The purpose of the article is to consider one of the most efficient sources of energy and raw materials – carbon. The main approach of this work is a comprehensive examination of carbon, both at the atomic and material levels. Research methods include analysis of real chemistry models and materials. The main results of the study made it possible to verify that the development of new substances and compounds based on carbon, products of the oil and gas processing industries are widely used by mankind. The scientific novelty of the work is revealed in a comprehensive consideration of carbon, as the main raw material and energy source. The information presented in the work can be used for subsequent studies and adjustments to the resource and energy supply to maintain the most relevant data, as well as for further studies in the energy and raw values of carbon.*

***Keywords:** carbon, chemistry, polymorphic modifications, diamond, graphite, coal, energy, fuel, raw materials.*

***Cite as:** Kalimullin, I. R., Nurgalieva, Yu. S. (2020) [Carbon is the eternal companion of man]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 3, pp. 14–18.*

С незапамятных времен человек имеет дело с различными соединениями углерода. Сначала люди и не подозревали, что углерод, как единица элементарного мира, обладает таким потенциалом. Сегодня человек стремится максимально оптимизировать энергетический и сырьевой процессы, связанные с углеродом. Когда научный прогресс привел к открытию полиморфизма и необычайной способности углерода к выстраиванию связей, оказалось, что, опираясь на эти особенности, можно добиться небывалого успеха в осуществлении давних потребностей и надежд человечества.



Углерод – типичный неметалл, в периодической системе расположен во втором периоде IV группы, главной подгруппы периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева.

Природный углерод состоит из двух стабильных изотопов –  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  и одного радиоактивного изотопа  $^{14}\text{C}$ . В целом, элемент существует во множестве аллотропных модификаций с очень различными физическими свойствами [8].

Углерод представляет большой интерес с точки зрения фундаментальных исследований и прикладных разработок. Материалы из углерода интенсивно изучаются благодаря его особым химическим, физическим, оптическим, электрическим и меха-

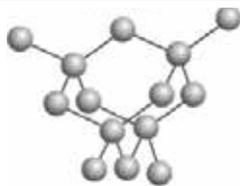
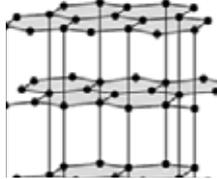
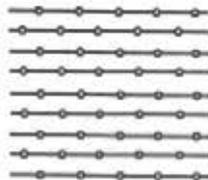
ническим свойствам. Разнообразие полиморфных модификаций связано со способностью углерода образовывать различные химические связи. Все это позволяет использовать его в различных практических приложениях: в металлургии, фармакологии и медицине, ювелирной, в различных областях атомной энергетики.

Углерод и его полиморфные модификации обладают огромной фактической значимостью в существовании человека.

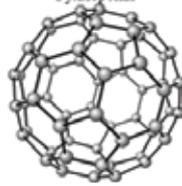
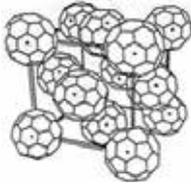
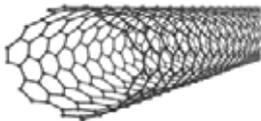
Данные модификации обладают необычными и интересными структурами, свойствами и способностями, как физического, так и химического характера. Способность твердых веществ существовать в различных конфигурациях с разной кристаллической структурой и свойствами при одном и том же химическом составе называется полиморфизмом [4]. Одним из распространенных примеров полиморфных конфигураций являются модификации углерода.

На протяжении длительного времени считалось, что алмаз и графит – единственные полиморфные модификации углерода, которые существенно различаются своими свойствами и характеристиками. Но со временем были открыты еще несколько полиморфных модификаций углерода – фуллерен, графен, карбин, нанотрубки. Сведения о полиморфных модификациях приведены в таблице 1 [1, 2, 3–6].

Таблица 1. Полиморфные модификации углерода

Название	Дата открытия	Структура	Изображение
Алмаз	Первые упоминания относятся к III тысячелетию до н. э.	Состоит из связанных между собой тетраэдров. Сингония кубическая, кристаллическая решетка – кубическая гранцентрированная.	
Графит	Глиняная посуда культуры Боян-Марица (4000 лет до н. э.)	Различают две модификации графита: <i>α-графит</i> (гексагональный $R\bar{6}3/mmc$ ) и <i>β-графит</i> (ромбоэдрический $R(-3)m$ )	
Карбин	1930-е годы	Атомы находятся в sp-гибридизованном состоянии. Параллельные цепочки связаны между собой силами Ван-дер-Ваальса. Карбин находится в двух состояниях: полииновый – <i>α-карбин</i> и поликумуленовый – <i>β-карбин</i> .	
Лонсдейлит (гексагональный алмаз)	1967 год	Атомы объединены ковалентными связями в пространственный каркас. Элементарная ячейка содержит четыре атома углерода.	

Продолжение таблицы 1

Название	Дата открытия	Структура	Изображение
Фуллерены	1985 год	Состоит из молекул $C_{60}$ и $C_{70}$ (полные сферы). Основной элемент структуры шестиугольник, в вершинах которого расположены атомы углерода.	
Фуллерит	Май, 1990 год	Молекулярные кристаллы состоят из фуллеренов $C_{60}$ и $C_{70}$ при давлении более $90 \cdot 10^3$ атмосфер и температуре более $300^\circ\text{C}$ . Ячейка содержит 8 тетраэдрических и 4 октаэдрических пор, которые окружены 4 и 6 молекулами $C_{60}$ . Октаэдрические поры имеют размеры порядка 0,42 нм, тетраэдрические – 0,22 нм.	
Углеродные нанотрубки	1991 год	Пустотелая цилиндрическая (трубчатая) структура, диаметр которой составляет от десятых до нескольких десятков нм, а длина – от 1 мкм до нескольких см. Состоят из одной или нескольких графеновых плоскостей, свёрнутых в трубку.	
Графен	2004–2005 годы	Двумерная модификация, образованная монослоем атомов, находящихся в $sp^2$ – гибридизации и соединенных посредством $\sigma$ - и $\pi$ -связей в гексагональную двумерную решетку.	

В природе углерод может быть в виде кристаллических (алмаз и графит) и аморфных модификаций. Тройная точка на диаграмме состояния лежит при температуре  $3800^\circ\text{C}$  и давлении 12,6–13,1 ГПа. Равновесие графит-пар при стабильном, нормаль-

ном атмосферном давлении (0,1МПа) при  $3272^\circ\text{C}$ . С ростом давления до 10 МПа равновесная температура возрастает. Температура тройной точки составляет  $3750 \pm 50^\circ\text{C}$  при давлении  $12,5 \pm 1,5$  МПа [4, 5] (рисунок 1).

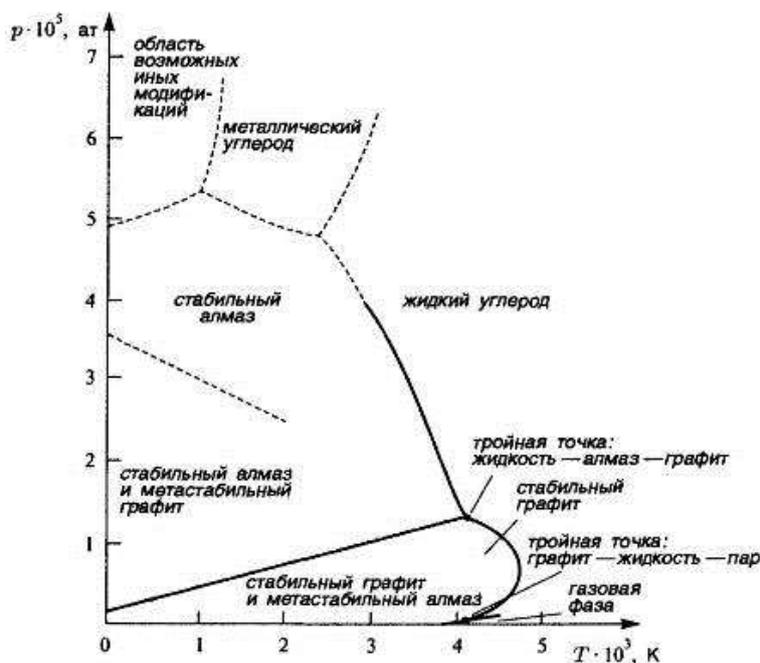


Рисунок 1. Диаграмма состояния полиморфных модификаций углерода

Углерод, обладая своими потрясающими свойствами и способностью к существованию в виде различных веществ, создает возможности для его использования в различных сферах деятельности.

Графит, имеющий природное происхождение, используется в литейном производстве, в качестве смазки, строительного материала, химической посуды и т. д.

Искусственные алмазы применяются в инструментах для гравировки, в хирургических ножах, для полировки и огранки драгоценных камней. Также применяются в качестве оптических стекол в лазерных приборах и т. д.

Сажа широко применяется в резиновой промышленности для повышения прочности и жесткости резины; активированный уголь используется при производстве сахара и как адсорбент в медицине и химическом производстве. На очистку воды расходуется наиболее значимая часть активированного угля [9].

Топливо на основе углерода в настоящее время дает около 90% энергии и более 80% химических продуктов, в том числе синтетических материалов (пластмассы, волокна и т. д.).

Общих запасов топлива на планете достаточно для использования в качестве сырья и для получения энергии на протяжении столетий. Энергетическая ценность отождествляется с количеством энергии (в киловатт-часах), которая может быть получена при сжигании 1 кг или 1 м<sup>3</sup> топлива.

Природный газ – наиболее эффективный в энер-

гетическом плане вид топлива, представляющий собой комплекс горючих углеводородных соединений, далее идет уголь.

Угли и древесные материалы первыми в истории выступали в качестве источников сырья и энергии, при появлении двигателей внутреннего сгорания возникла необходимость производства жидких и газообразных топлив, главное место среди которых заняла нефть и природный газ, являющиеся ведущими топливно-энергетическими средствами, каждый из которых в своём составе содержит углерод.

Мировые запасы нефти при текущих мощностях добычи могут полностью закончиться через 41 год, когда мировые запасы древесного угля при нынешних объемах добычи израсходуются приблизительно через полтора тысячелетия. Разведанные запасы природного газа на нашей планете оцениваются суммарно в 150×10<sup>12</sup> м<sup>3</sup>. Россия, в настоящее время, является крупнейшей державой по запасам природного газа, ресурсы которого имеют долю до 30% мировых разведанных запасов, позволяя использовать эту ресурсную базу, как экономический и научный объект деятельности.

Также, углерод способен генерировать обширный органический мир, благодаря способности создавать многоцепочечные структуры, что обуславливает многообразие органического мира, порождая и входя в состав всего живого, движение которого мы можем наблюдать в схеме общего цикла углерода [7].

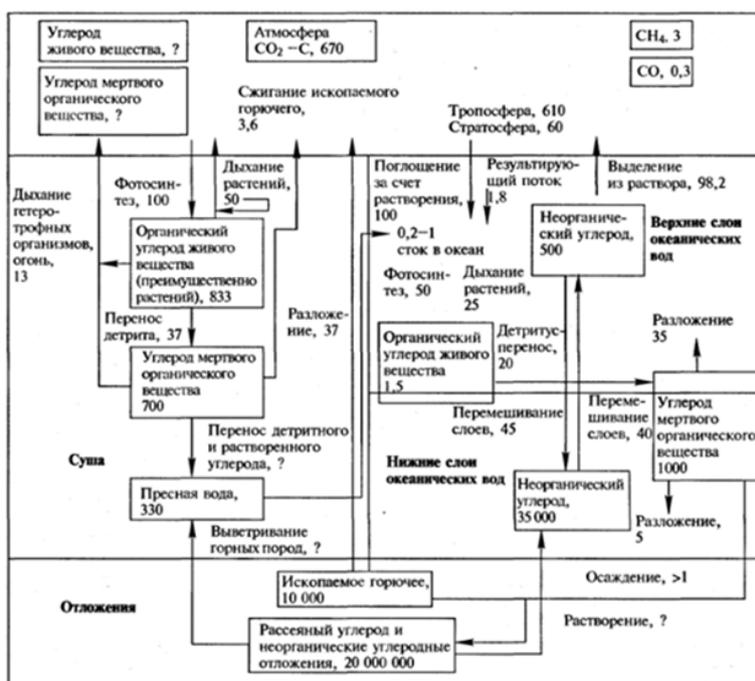


Рисунок 2. Схема общего цикла углерода в природе

Таким образом, при рассмотрении способностей углерода к существованию в виде различных полиморфных модификаций, их применения в науке и технике, перспектив использования углерода в качестве источника сырья и энергии, показывающих важнейшее значение данного элемента, можно сделать вывод о том, что углерод в будущем –

главная надежда человека. Это обуславливается его самовозобновляемостью и структурой, меняющейся в зависимости от внешних условий. Теперь, когда наука достигла необычайного развития, всё зависит от наших знаний и желаний, позволяющих получать соединения и вещества с потрясающими свойствами.

#### Литература

1. Губин С. П., Ткачев С. В. Графен и родственные наноформы углерода: монография. – М.: Изд-во «Либроком», 2012. – 112 с.
2. Золотухин И. В. Фуллерит – новая форма углерода // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 2. – С. 51–56.
3. Карасев В. Как алмаз человека изобретал // Научно-технический журнал «Наноиндустрия». – 2015. – С. 84–93.
4. Коченгин А. Е. Структура и свойства полиморфных разновидностей графена: дис. ... кан. физико-математических наук: 01.04.07. – Челябинск, 2017. – 121 с.
5. Островский В. С. Искусственный графит // Metallurgia. – 1986. – С. 5–11.
6. Тарасов Е. А. Взаимодействие нанобъектов на основе углерода с компонентами природного газа: дис. ... кан. физико-математических наук: 01.02.05. – Томск, 2017. – 121 с.
7. Фиалков А. С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе: монография. – М.: Аспект Пресс, 1997. – 718 с.
8. Электронная библиотека «Наука и техника»: популярная библиотека химических элементов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://n-t.ru/ri/ps/pb006.htm> (дата обращения: 26.03.2020).
9. Weeks M. E. Discovery of the Elements // Journal of Chemical Education. – 1956. – 6th edn. – pp. 209–223.

Статья поступила в редакцию: 14.05.2020; принята в печать: 19.10.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.