Глобальная энергия. Том 29, № 1, 2023. С. 110–117.
Global Energy, 2023, 29 (1); 110–117.

Металлургия. Материаловедение
Metallurgy. Material Science

Научная статья
УДК 54-3
DOI: https://doi.org/10.18721/JEST.29105

Л.Н. Блинов, Н.И. Крылов, В.В. Полякова ✉
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия
✉ werpolka@list.ru

К ВОПРОСУ О ХИМИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ, ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ И НАНОМАТЕРИАЛАХ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Аннотация. Определены толкования и определения таких понятий и терминов как «вещество», «химическое вещество», «соединение», «химическое соединение», «материал», «химический материал», «наноматериал» в современной химии, нанохимии, нанотехнологии. Проводится анализ системы понятий «вещество-соединения-материалы», рассматриваются различные аспекты понятия «вещество», его виды и характеристики. Проводится трактовка понятия «материалы», в том числе в новых разделах химии и других науках (нанохимии, нанотехнологии). Рассмотрены области и границы их применения и использование в классической и теоретической химии, материаловедении, медицине, онкологии, строительстве, науке о стекле и других областях. На основе системного и иерархического подхода показаны возможности и границы применения понятий «химическое вещество», «химические соединения» и «наноматериалы» в современной науке. Также анализируются «понятие» и «термин».

Ключевые слова: вещество, химическое вещество, соединение, химическое соединение, материалы, химические материалы, наноматериалы, нанотехнологии, область применения.

Для цитирования:

Блинов Л.Н., Крылов Н.И., Полякова В.В. К вопросу о химическом веществе, химических соединениях и наноматериалах в современной науке и технике // Глобальная энергия. 2023. Т. 29, № 1. С. 110–117. DOI: https://doi.org/10.18721/JEST.29105

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JEST.29105

L.N. Blynov, N.I. Krylov, V.V. Polyakova ✉
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia
✉ werpolka@list.ru

ON THE QUESTION OF A CHEMICAL SUBSTANCE, CHEMICAL COMPOUNDS AND NANOMATERIALS IN MODERN SCIENCE AND TECHNOLOGY

Abstract. The interpretations and definitions of such concepts and terms as "substance", "chemical substance", "compound", "chemical compound", "material", "chemical material", "nanomaterial" in modern chemistry, nanochemistry, nanotechnology are determined. The analysis of the system of concepts "substance-compounds-materials" is carried out, various aspects of the concept of "substance", its types and characteristics are considered. The concept of "materials" is interpreted, including in new sections of chemistry and other sciences (nanochemistry, nanotechnology). The areas and boundaries of their application and use in classical and theoretical chemistry, materials science, medicine, oncology, construction, glass science and other fields are considered. On the basis of a systematic and hierarchical approach, the possibilities and limitations of the application of the concepts of "chemical substance", "chemical compounds" and "nanomaterials" in modern science are shown. The "concept" and "term" are also analyzed.

Keywords: substance, chemical substance, compound, chemical compound, materials, chemical materials, nanomaterials, nanotechnology, scope of application.

Citation:

L.N. Blynov, N.I. Krylov, V.V. Polyakova, On the question of a chemical substance, chemical compounds and nanomaterials in modern science and technology, Global Energy, 29 (01) (2023) 110–117, DOI: https://doi.org/10.18721/JEST.29105

Введение. В последние годы такие понятия и термины как «вещество», «соединение», «материалы» все более широко используются в различных областях науки и техники, часто замещая или подменяя друг друга. Этим как бы расширяется граница или области применения классических определений и толкований, известных нам из современных химических учебников, справочников, энциклопедий[1,2,3,4].

Особенно активно такое явление стало происходить в последнее время в связи с появлением новых отраслей знаний и направлений, таких как нанохимия, нанотехнологии, композиционные материалы, наноматериалы и другие, где используется традиционно известные термины и понятия для новых классов и типов неорганических и органических химических материалов [1–4].

Почему так происходит? И есть ли обоснование границы такого расширения? Давайте сначала сравним и проанализируем системы понятий вида «вещество → соединение → материалы» и «химическое вещество → химическое соединение → химические материалы» с точки зрения

[1] Семенов И. Н. Химия: учебник для вузов / И. Н. Семенов, И. Л. Перфилова – СПб: Химиздат. 2000. – С. 8.
[2] Блинов Л. Н., Полякова В. В., Семенча А. В. Химия. Инновационно-системный подход – СПб: Изд-во Политех. ун-та. 2012. – С. 10–12.
[3] Блинов Л. Н. Химико-экологический словарь-справочник – СПб: Изд-во «Лань». 2002. – С. 32–33.
[4] Толковый словарь русских научно-технических терминов / под ред. В. И. Максимова – 2 изд. – СПб: Златоуст. 2019. – С. 280.

классической традиционной химии и истории использования указанных систем на протяжении последних десятилетий[5,6].

Результаты анализа

Начнем с определений. В настоящее время химия – это наука о свойствах вещества и его превращениях; она включает в себя законы и принципы, описывающие эти превращения, а также представления и теории, позволяющие дать им объяснение; химия изучает вещества и их превращения, сопровождающиеся изменением внутреннего строения вещества и электронной структуры взаимодействующих атомов, но не затрагивающие состав и структуру их ядер[7].

Традиционно многие годы под веществом понимается устойчивое скопление дискретных образований из микрочастиц, обладающих собственной массой покоя. Прилагательное «химическое» подразумевалось по умолчанию. Обычно дискретными образованиями являлись и являются атомные и молекулярные частицы[8].

Считалось и считается, что вещество является одним из видов материи (наряду с полями). Основными характеристиками вещества являются структура и свойства. Структура вещества – это совокупность составляющих его элементов (точнее, атомов химических элементов), обладающих устойчивыми взаимосвязями, обеспечивающими их целостность и сохранение свойств.

В той же классической химии под химическим соединением понимается химически индивидуальное вещество, в котором атомы одного (O_2, N_2) или различных ($NaCl$, CH_4) элементов соединены между собой тем или иным видом химической связи. Различают химические соединения постоянного и переменного состава, а также неорганические и органические химические соединения.

Под простым химическим веществом понимается химическое соединение, состоящее из устойчивой совокупности одинаковых атомов, т.е. из атомов с одинаковым зарядом ядра (атомным номером).

Под сложным химическим веществом понимается химическое соединение, состоящее из устойчивой совокупности атомов (или ионов) различных элементов. Напомним также, что под химическим элементом понимается совокупность атомов одного сорта, а под химическим соединением разного сорта.

Кроме того, традиционно считается, что вещество может быть: простым, сложным, органическим, неорганическим, газообразным, жидким, твердым, аморфным, стеклообразным, исходным, конечным, чистым, загрязненным, активным, инертным, вредным, безвредным, устойчивым, неустойчивым, питательным, тугоплавким, легкоплавким, диссоциирующим, малодиссоциирующим, нерастворимым, растворимым, растворенным, летучим, мало летучим, взрывчатым, природным, ядовитым, диамагнитным, парамагнитным, ферромагнитным, антиферромагнитным, космическим, живым, сверхпроводящим и пр.[9]

Строго говоря, в иерархическом плане в химии понятия «вещество» и «химическое соединение» тесно связаны с понятиями «материалы» и «химические материалы». Ранее традиционно считалось, что материалы – это такие вещества, которые используются или пригодны к использованию для решения практических задач. В настоящее время указанные понятия, особенно в новых разделах химии и других науках (в частности, нанохимии, химии твердого тела, нанотехнологии, наномедицине) в ряде других случаев все более сближаются (особенно два последних).

Например, в современной научной литературе под нанотехнологиями подразумевается совокупность процессов, позволяющих создавать материалы, устройства и технические системы,

[5] Блинов Л. Н., Перфилова И. Л., Соколова Т. В., Юмашева Л. В. Химия: Учебник. СПб.: Изд-во «Лань». 2016. – С. 3.
[6] Гельман М. И., Юстратов В. П. Химия. Серия учебники для вузов. СПб.: Изд-во «Лань». 2000. – С. 9.
[7] Блинов Л. Н., Полякова В. В., Семенча А. В. Химия. Инновационно-системный подход – СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2012. – С. 3–4.
[8] Блинов Л. Н. Толковый словарь по нанохимии, наноматериалам, наномедицине и другим нанонаукам / Л. Н. Блинов, В. В. Полякова, И. Л. Перфилова. СПб.: Политех-Пресс. 2022. – С. 12.
[9] Блинов Л. Н. Толковый словарь по нанохимии, наноматериалам, наномедицине и другим нанонаукам / Л. Н. Блинов, В. В. Полякова, И. Л. Перфилова. СПб.: Политех-Пресс. 2022. – С. 16.

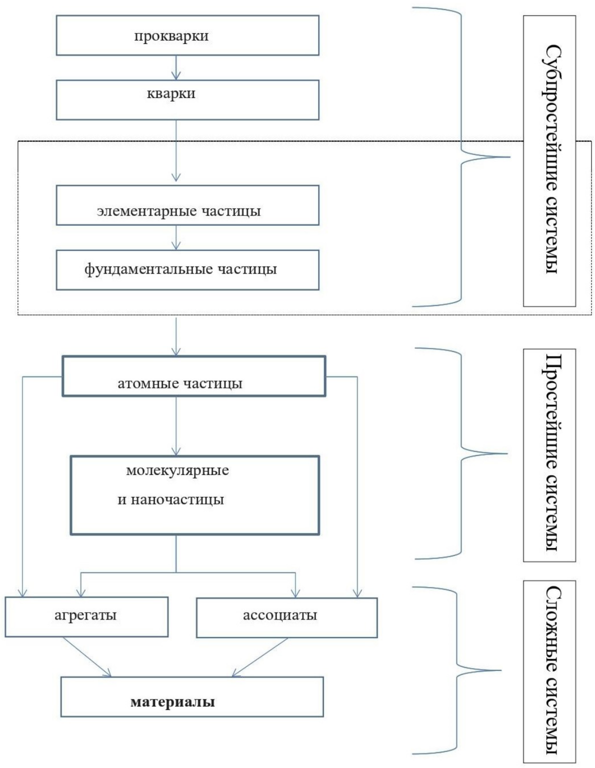

Рис. 1. Схема усложнения организации систем (по данным авторов)
Fig. 1. Scheme of complicating the organization of systems (according to authors)

функционирование которых определяется, в первую очередь, наноструктурой, то есть фрагментами структуры размером от 1 до 100 нанометров. Иначе говоря, нанотехнологии создают материалы, для применения и последующего их использования. Поэтому такие материалы, имеющие определенный химический состав, и получили название наноматериалов. Именно с этих позиций в настоящей работе согласно определению академика И. В. Тананаева, под материалом в общем плане понимается вещество, химическое вещество, обладающее свойствами, предопределяющими то или иное его практическое применение [1].

Следует отметить, что во всех современных научных исследованиях, монографиях, учебниках и т.п, где речь идет о нанотехнологиях, авторы почти всегда используют понятие «наноматериалы». Публикаций же непосредственно по наноматериалам и близким к ним материалам с каждым годом стремительно становится все больше и больше [5–15].

Теперь давайте рассмотрим тему статьи с системных позиций[10].

Известно, что различные вещества образуют различные системы. В буквальном смысле система – целое, составленное из частей. Целостное образование, состоящее из взаимодействующих частей, называемых элементами или компонентами системы. В нашем случае – компонентами вещественной химической системы. Основное свойство системы или каких-то ее частей – обладание качественно новыми свойствами по сравнению с исходными компонентами.

При сопоставлении систем в химии, физике и других естественно-научных областях знаний используем данные по усложнению (укрупнению) известных систем (см. рис. 1). В нашем случае важно понимать, где начинается химический уровень рассмотрения вещества. Из первых принципов понятно, что этот уровень – атомные химические частицы[11].

[10] Блинов Л. Н., Полякова В. В., Семенча А. В. Химия. Инновационно-системный подход – СПб: Изд-во Политех. ун-та. 2012. – С. 13.
[11] Блинов Л. Н., Полякова В. В., Семенча А. В. Химия. Инновационно-системный подход – СПб: Изд-во Политех. ун-та. 2012. – С. 15.

Атомные химические частицы – исходный уровень химической организации материи. Поэтому и все последующие уровни должны быть химическими уровнями, химическими стадиями организации вещества. Начиная с молекулярных химических частиц можно говорить о химических соединениях, имеющих различные размеры, в том числе и наноразмеры. Практическое использование наночастиц в медицине и онкологии позволяет назвать их в этом плане наноматериалами [2][12,13].

Кроме того, уже достаточно давно в научной литературе используется такое понятие как «живое вещество» планеты Земля, «живые системы». По мнению академика В. Я. Шевченко своеобразной сверхзадачей для химии в XXI в. является решение двух фундаментальных вопросов: «Как образуется химическое вещество» и «как материя мыслит» [4]. Все это также расширяет употребление понятия «вещество» и связанных с ним образований. Например, для живых систем можно выделить следующие уровни организации (см. табл. 1)[14].

Таблица 1

Уровни организации живых систем

Table 1

Levels of organization of living systems

Система	Основные уровни
Атомная (молекулярная) частица	Микро
Ассоциаты (агрегаты)	
Клеточные органеллы (хлоропласты, рибосомы, митохондрии)	
Клетка (одноклеточный организм)	
Ткань	
Орган	
Организм	
Популяция	Макро
Биогеоценоз	Мезо
Биосфера	Глобальный

В связи с рассматриваемой тематикой следует остановиться еще на одном аспекте. С точки зрения фундаментальной (теоретической) химии таким понятием как «химическое вещество» и «химическое соединение» придается разное содержание и толкование [5][15].

Некоторые авторы считают, что при одинаковом элементарном составе различие химических соединений определяется различиями в координации атомов и в строении молекул, различие же химических веществ – всей структурой вещества, включая вторую координационную сферу атомов и относительное расположение молекул[16]. В нашем случае для практического применения и использования химических материалов и наноматериалов это не является существенным и не меняет их химическую идентичность.

И еще об одном моменте, на котором хотелось бы остановиться. Все мы знаем, что химию можно и нужно рассматривать как науку и учебную дисциплину [10, 11]. И там, и там исполь-

[12] Блинов Л. Н., Полякова В. В., Соколов И. А. Неорганические наноматериалы в медицине и онкологии: применение, магнитные характеристики, прогнозирование новых составов. СПб.: Изд-во ВВМ. 2021. – С. 4.

[13] Блинов Л. Н., Полякова В. В. ,Соколов И. А. Неорганические наноматериалы в медицине и онкологии: экологические аспекты и риски. СПб.: Изд-во «Лань». 2022. – С. 4–5.

[14] Блинов Л. Н. Экология: учеб. Пособие для прикладного бакалавриата / Л. Н. Блинов, В. В. Полякова, А. В. Семенча: под общ. ред. Л. Н. Блинова. М.: Изд-во «Юрайт». 2016. – С. 32.

[15] Корольков Д. В., Скоробогатов Г. А. Теоретическая химия, 2-е изд., перераб. и доп. – Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2005. – С. 4–5.

[16] Блинов Л. Н. Химико-экологический словарь-справочник – СПб: Изд-во «Лань». 2002. – С. 101.

зовались и используются слова как «термин» и «понятие». Обычно под «понятием» понимается какое-то представление, что-то новое, не имеющее на данный момент строгой формулировки. Научный термин – это слово или словосочетание, имеющее конкретные предметы мысли.

Понятно, что *раньше в классической химии терминов было больше, чем понятий*. В настоящее время даже в современных разделах химии все больше используются понятия, поскольку нет еще четкого и окончательного определения таких слов как нанохимия, наноматериалы и т.п. Поэтому и в настоящей статье мы в большинстве случаев используем слово «понятие».

Заключение

На основе системного и иерархического подхода показаны возможности и границы применения понятий «химическое вещество», «химические соединения» и «наноматериалы» в современной науке и областях их практического использования без потери химической идентичности указанных понятий, особенно материалов и наноматериалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

[1] **Михайлов М.Д.** Современные проблемы материаловедения. Нанокомпозитные материалы – СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2010. – 208 с.

[2] **Клинкин В.А., Семенча А.В., Блинов Л.Н.** Оптические и магнетохимические свойства неорганических стеклообразных материалов. СПб.: Изд-во ВВМ, 2021. – 124 с.

[3] **Крылов Н.И., Блинов Л.Н., Полякова В.В.** Галогенхалькогенидные и оксигалогенидные полупроводниковые и диэлектрические стекла: получение и свойства // Физика и химия стекла, 2022. Т. 47. № 6. – С. 641–645.

[4] **Krylov N.I., Blinov L.N.** Halogen-containing chalcogenide glasses: synthesis and properties // Glasss Physics and Chemistry. 2017, V. 43. №. 4. – Pp. 326–329.

[5] **Андриевский Р.А.** Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Рос. Хим. Ж. (Ж. Рос. хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева), 2002. Т. XLVI. № 5. – С. 50–56.

[6] **Кабояси Н.** Введение в нанотехнологию. Перевод с японского – М.: «БИНОМ Лаборатория знаний», 2008. – 134 с.

[7] **Шевченко Я.В.** Что такое химическое вещество и как оно образуется? / ИХС РАН – 80 лет. Современные проблемы неорганической химии. Под общ. ред. акад. В. Я. Шевченко – СПб.: Изд-во «АртЭкспресс», 2016. – С. 11–37.

[8] **Блинов Л.Н.** Магнетохимия слабомагнитных стеклообразных и кристаллических мтаериалов (обзор) / Физика и химия стекла, 2017. Т. 43. № 1. – С. 3–23.

[9] **Blinov L.N., Semencha A.V.** Mass Spectrometry of Chalcogenide Glass and Carbon Nitrides // Glass Physics and Chemistry, 2019. V. 45. № 6. – Pp. 428–438.

[10] **Бучаченко А.Л.** Химия на рубеже веков: свершения и прогнозы // Успехи химии, 1999. Т. 68. № 2. – С. 99–118.

[11] **Корольков Д.В.** Химия – наука и учебная дисциплина на рубеже столетий // Известия МАН ВШ. 2001. № 2 (16).

[12] **Алферов Ж.И.** Наноматериалы и нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника, 2003. № 8. – С. 3.

[13] **Федоров М.П.** Нанохимия и наноматериалы: экологические аспекты и риски / Федоров М.П., Музалевский А.А., Блинов Л.Н. Материалы XII Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах». – СПБ.: Изд-во СПбГПУ, 2008. – С. 38–47.

[14] **Блинов Л.Н., Семенча А.В.** Халькогенидные стеклообразные материалы в Политехническом: монография // Политех-Пресс, 2019. – 280 с.

[15] **Gleiter H.** Nanostructured materials – State of the art and perspectives // Z. Metallkunde., 1995. – V. 86, Pp. 7–83.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БЛИНОВ Лев Николаевич – *профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, д-р хим. наук.*
E-mail: blinov_ln@spbstu.ru

КРЫЛОВ Николай Иванович – *доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, канд. хим. наук.*
E-mail: nikkrylov49@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1256-1131

ПОЛЯКОВА Вера Витальевна – *доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, канд. техн. наук.*
E-mail: werpolka@list.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4381-9836

REFERENCES

[1] **M.D. Mikhaylov,** Sovremennyye problemy materialovedeniya. Nanokompozitnyye materialy – SPb: Izd-vo Politekh. un-ta, 2010. – 208 s.

[2] **V.A. Klinkin, A.V. Semencha, L.N. Blinov,** Opticheskiye i magnetokhimicheskiye svoystva neorganicheskikh stekloobraznykh materialov. SPb.: Izd-vo VVM, 2021. – 124 s.

[3] **N.I. Krylov, L.N. Blinov, V.V. Polyakova,** Galogenkhalkogenidnyye i oksigalogenidnyye poluprovodnikovyye i dielektricheskiye stekla: polucheniye i svoystva // Fizika i khimiya stekla, 2022. T. 47. № 6. – S. 641–645.

[4] **N.I. Krylov, L.N. Blinov,** Halogen-containing chalcogenide glasses: synthesis and properties // Glasss Physics and Chemistry. 2017, V. 43. №. 4. – Pp. 326–329.

[5] **R.A. Andriyevskiy,** Nanomaterialy: kontseptsiya i sovremennyye problemy // Ros. Khim. Zh. (Zh. Ros. khim. obshch-va im. D.I. Mendeleyeva), 2002. T. XLVI. № 5. – S. 50–56.

[6] **N. Kaboyasi,** Vvedeniye v nanotekhnologiyu. Perevod s yaponskogo – M.: «BINOM Laboratoriya znaniy», 2008. – 134 s.

[7] **Ya.V. Shevchenko,** Chto takoye khimicheskoye veshchestvo i kak ono obrazuyetsya?/ IKhS RAN – 80 let. Sovremennyye problemy neorganicheskoy khimii. Pod obshch. red. akad. V.Ya. Shevchenko – SPb.: Izd-vo «ArtEkspress», 2016. – S. 11–37.

[8] **L.N. Blinov,** Magnetokhimiya slabomagnitnykh stekloobraznykh i kristallicheskikh mtayerialov (obzor) / Fizika i khimiya stekla, 2017. T. 43. №1. – S. 3–23.

[9] **L.N. Blinov, A.V. Semencha,** Mass Spectrometry of Chalcogenide Glass and Carbon Nitrides // Glass Physics and Chemistry, 2019. V. 45. № 6. – Pp. 428–438.

[10] **A.L. Buchachenko,** Khimiya na rubezhe vekov: sversheniya t prognozy // Uspekhi khimii, 1999. T. 68. № 2. – S. 99–118.

[11] **D.V. Korolkov,** Khimiya – nauka i uchebnaya distsiplina na rubezhe stoletiy // Izvestiya MAN VSh. 2001. № 2 (16).

[12] **Zh.I. Alferov,** Nanomaterialy i nanotekhnologii // Nano- i mikrosistemnaya tekhnika, 2003. № 8. – S. 3.

[13] **M.P. Fedorov,** Nanokhimiya i nanomaterialy: ekologicheskiye aspekty i riski / Fedorov M.P., Muzalevskiy A.A., Blinov L.N. Materialy XII Vserossiyskoy konferentsii po problemam nauki i vysshey shkoly «Fundamentalnyye issledovaniya i innovatsii v tekhnicheskikh universitetakh». – SPB.: Izd-vo SPbGPU, 2008. – S. 38–47.

[14] **L.N. Blinov, A.V. Semencha,** Khalkogenidnyye stekloobraznyye materialy v Politekhnicheskom: monografiya // Politekh-Press, 2019. – 280 s.

[15] **H. Gleiter,** Nanostructured materials – State of the art and perspectives // Z. Metallkunde., 1995. – V. 86, Pp. 7–83.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lev N. BLYNOV – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*
E-mail: blinov_ln@spbstu.ru

Nikolay I. KRYLOV – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*
E-mail: nikkrylov49@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1256-1131

Vera V. POLYAKOVA – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*
E-mail: werpolka@list.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4381-9836

Поступила: 05.09.2022; Одобрена: 15.11.2022; Принята: 10.01.2023.
Submitted: 05.09.2022; Approved: 15.11.2022; Accepted: 10.01.2023.