

Гнидан Е.В.,
кандидат педагогических наук,
доцент кафедры органической и аналитической химии
Сибирского федерального университета

Нанохимия: философские аспекты

В данном исследовании предпринимается попытка выявить в философском аспекте современное положение интенсивно развиваемого и достаточно нового направления научного знания – нанонауки и ее раздела нанохимии, базирующихся на транс- и междисциплинарном подходе, совместно с технологической составляющей процесса создания новых материалов на уровне отдельных атомов и молекул. Рассматриваются основные онтологические и гносеологические вопросы нанохимии. Обращается внимание на аксиологический и социологический аспект нанохимии.

Ключевые слова: философия нанонауки; нанохимия; размерный эффект; наночастицы.

Gnidan E.V.,
Candidate of pedagogical sciences,
Associate Professor, Department of Organic and Analytical Chemistry
Siberian Federal University

Nanochemistry: philosophical aspects

In this study, an attempt is made to reveal in the philosophical aspect the current state of the intensively developed and fairly new direction of scientific knowledge - nanoscience and its section of nanochemistry, based on a trans- and interdisciplinary approach, together with the technological component of the process of creating new materials at the level of individual atoms and molecules. The main ontological and gnoseological issues of nanochemistry are considered. Attention is drawn to the axiological and sociological aspects of nanochemistry.

Keywords: philosophy of nanoscience; nanochemistry; size effect; nanoparticles.

Наномасштаб объекта научной деятельности является сдерживающим и ограничивающим фактором, начиная от концепции и проведения эксперимента до выбора теорий, моделей, используемых для предсказания и объяснения этих экспериментальных результатов. И здесь ученым и философам требуется поменять структуру научного знания, осознать важность систематических масштабно-зависимых исследований для концептуального понимания материального мира [Nano on reflection, 2016].

В связи с чем, возникает потребность в постижении современных тенденций в развитии нанонауки и нанохимии на метауровне - философии науки [Сажина, 2019], однако она не всегда поспевает за прогрессивно развивающимися новыми направлениями научного знания [Канке, 2011], а современному ученому-химику необходим вектор научности в его деятельности для понимания важности его исследования.

Обратимся к рассмотрению понятия «нанонаука», которая трактуется как: современное наиболее концентрированное воплощение концепта трансдисциплинарности [Канке, 2011]; системное знание о размерных явлениях, структуре веществ в нанометровом диапазоне [Курашов, 2018]; технонаучное направление исследований нанообъектов [Ястреб, 2016]; деятельность человека и социальная система отношений, направленная на развитие и теоретическую систематизацию объективных знаний о нанореальности; методы и средства нанопознания [Котенко, 2014]. Предметная область нанонауки представлена наноуровнем, сочетающим в себе свойства, как микрообъектов, так и макроструктур; объекты идентифицируются по онтологическим свойствам – размерам, независимо от их природы [Ястреб, 2016; Bursten, 2016].

С эпистемологической точки зрения в нанонауке, произошла интеграция редуционистского и конструктивистского подходов как новый (конвергентный) уровень холизма, принципами которых стало единство мира в наномасштабе и системы, состоящей из наноструктур. В наносостоянии появляется возможность конвергенции (схождения) неорганического, органического и биологического мира [Кирчанов, 2016].

Существует мнение, что нанонаука не должна рассматриваться с философской точки зрения как вопрос размера, как если бы она имела тот же объект исследования, что и макрохимия, но меньшего размера [Córdoba, 2017].

По мнению Курашова В.И., нанохимия – принципиальная составляющая нанонауки, химия наноразмерных частиц, где «макроскопический» язык классической химии непригоден [Курашов, 2018]. И здесь потребуются дуалистическая концепция наноматериалов, созданных из наночастиц как квантовых и классических, объемных и молекулярных, что станет способом понимания наномасштабных явлений [Bursten, 2016].

Наноэлементы (наночастицы) в химии рассматриваются с онтологической точки зрения, как проблема отношений между химическими уровнями. Иерархическая структура представлена нанокластерами, образующие размерные цепочки нанообъектов из наномира в микромир и далее в макромир [Кирчанов, 2016]. Иерархичность наномира, свидетельствует о качественном разнообразии уровней бытия: «возможности» и «действительности». Своеобразие нанобытия проявляется в том, что в объективной реальности, существуют как природные нанообъекты, так и создаваемые и происходящие из природной формы материи, искусственные наносистемы или наноартефакты. Идея пластичности природы служит основанием для создания объектов наномира с помощью методов эмпирического анализа и синтеза [Чечеткина, 2014].

Происходит разграничение физической и химической онтологии. В химической онтологии можно выделить три уровня, соответствующие молекулярной химии, нанохимии и макрохимии, и два домена, микро- и макродомены. Макрохимия и нанохимия - это не «последовательные» уровни, а параллельные. Возникновение макрохимии - это междоменное явление, а появление наноуровня - внутримоменное. Отношения между доменами не являются линейными и непрерывными, поскольку определяются не их размером или относительной массой, а их отношением возникновения из других уровней. Размерный подход к объяснению свойств веществ не объясняет и не обобщает функциональную связь между размером и химической реакционной способностью [Zambon, 2021].

Частицы, участвующие в химии наночастиц следует рассматривать как «наноиндивидуумы» [Zambon, 2021] с присущей особенностью и специфичностью свойств, с когерентными границами, с неприменимостью понятий фазового или агрегатного состояния, с наложением или стиранием свойств на границах раздела фаз. Такой аспект наночастиц позволяет рассматривать особенности химического поведения наноматериалов, дифференцировать нанохимию как самостоятельную отрасль химии, а не как методологическое сочетание макроскопической и молекулярной химии.

Инструменталистская (конструктивистская) парадигма философии науки актуализирует активную роль познания, согласно которой разум активен в восприятии на всех уровнях, а любые сенсорные «данные» структурированы и свободно классифицируются. Контекстуальное и экспериментальное описание, особенно в его операционалистской форме, позволяет избегать трудностей редукционизма [Абрамян, 2008], и это служит основанием для развития нанохимии, особенно в области ее технологической составляющей. Появление сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и атомно-силовой микроскопии позволило визуализировать нанообъекты.

Создание ряда измерительных приборов и по совокупности инструментов формирования наноструктур, в частности, ряда сканирующих зондовых микроскопов, регистрирующих сигнал в виде туннельного тока (туннельный микроскоп), механического отклонения микрозеркала (АСМ), локального магнитного поля (магнитный силовой микроскоп) и других, позволило операционно создавать новые наноматериалы, исследовать свойства и реакционную способность веществ. Познание в этом аспекте выступает неотделимым от созидания [Абрамян, 2007].

Гносеологический активистский подход (принцип активизма И. Фихте) используется для искусственного совершенства, улучшение природных способностей человека, что являясь по сути «двигателем» развития нанотехнологий, остается достаточно спорным по отношению к последствиям [Абрамян, 2008].

Поиск истины, открытие и изучение новых явлений, описание их на языке фундаментального знания и дальнейшая трансляция этого нанознания в область

прикладного применения, обуславливает междисциплинарность нанохимии. Основными вопросами фундаментальных исследований являются поиск закономерностей размерных эффектов, исследования и предсказания физико-химических свойств наносистем и механизмов их структурообразования.

Размерные эффекты можно изучать с точки зрения детализации наносистемы на атомно-молекулярном уровне (микроскопический теоретический подход) и, с другой стороны, описывая поверхностные свойства на языке энергии и энтропии (термодинамический теоретический подход) [Чечеткина, 2013].

Метод молекулярных орбиталей (МО) и теория кристаллического поля используются для конструирования химических связей наночастиц, предсказания электрических и магнитных свойств нанокластера. Рассматривается активность атомов на поверхности, в процессе адсорбции или катализа в зависимости от размера наносистемы [Чечеткина, 2013].

Соотнесённые экспериментальные и расчётные характеристики энергетических уровней - критерий истины. Для расчета используются полуэмпирические и неэмпирические методы расчета потенциалов взаимодействия частиц наносистемы. Полуэмпирические методы используют данные в аналитическом виде, согласованные с выборкой экспериментальных данных (моделирование гомогенных и гетерогенных нанокластеров). Траектории частиц кластера подвергаются анализу с построением автокорреляционных функций и функций распределения, на основании чего делается вывод об их отличии [Сергеев, 2003]. Чтобы обслуживать большой массив наноразмерных систем, основанных на полуэмпирических методах квантовой химии, требуются эффективные вычислительные программы с жесткими ограничениями по времени и методам расчета [Шека, 2002].

Моделирование на основе неэмпирических методов квантовой химии, ограничены размерами, однако позволяют изучать строение и химические реакции наносистем. В случае больших и сложных по составу систем рекомендованы гибридные методы квантовой механики [Сергеев, 2003].

Термодинамический подход позволяет прогнозировать наличие и стадии формирования наноструктур на поверхности адсорбентов и в пористых материалах, что подтверждается в эксперименте с использованием мёссбауэровских спектров [Чечеткина, 2013].

В целом в гносеологическом аспекте нанохимия познает наномир, объясняет и предсказывает свойства и реакционные способности наносистем, используя средства теоретического моделирования. В основе процесса моделирования в химии, нанохимии лежит «система определенных корреляций» (Н. Ф. Степанов), независимо от того, находятся ли они чисто эмпирически или на основе теоретических соображений. Однако при их поиске полезно иметь единую и ориентирующую теоретическую основу - квантовую химию, дающую также обоснование многих эмпирических закономерностей [Шека, 2002].

Эволюция вычислительных машин и алгоритмов позволяет не «моделировать» исследуемый объект, заменяя описание целого описанием

малой его части, а «изображать его портрет», «программируя атомное письмо» [Шека, 2002]. Здесь с методологической точки зрения уместны объективные закономерности развития систем. Во-первых, определение состава исследуемого объекта и на его основе подбор логически непротиворечивой структуры системы и динамики поведения (развития). Пример: атомы – квантовые точки, линии – нанопроволоки, плоскости – графен, объемная структура – дендримеры. Во-вторых, этап формирования концепции о структуре объекта с заданными свойствами. В-третьих, соотнесение целого и части, с сохранением целостности и выполняемой функции, где механизм адаптации гармония. В-четвертых, выявить пути эволюции системы: как, развивая систему, сохранить ее целостность и гармонию, реализовать заданную функцию [Кондраков, 2014].

Методы нанохимии необходимо рассматривать в системе и в отношениях эмпирического и теоретического уровня познания и организации нанодейтельности. В основе системы методов лежат универсальные, философские методы (материалистическая диалектика), общенаучные методы, и многообразные, междисциплинарные специальные методы. Качественное изменение эмпирического нанознания сопряжено с формированием теоретического нанознания и наоборот [Котенко, 2014].

Следует обратиться к аксиологической и социологической составляющей нанохимии, которая затрагивает понятия безопасности, надежности, культуросообразности продуктов и достижений ей создаваемой. Наблюдается разрыв в скорости распространения новых технологий и временем, которое необходимо для их социального осмысления [Летов, 2009].

Ученых и философов должен интересовать вопрос, какие факторы риска и затраты несет то или иное достижение. Существующая проблема невозможности создания однородных наноматериалов сказывается на неосуществимости точного прогнозирования свойств таких материалов, что также актуализирует проблему обеспечения безопасности. Весьма важным становится философское осмысление истории становления нанохимии, ее социально-исторической и культурно-исторической обусловленности [Старостин, 2015].

Таким образом, в данном исследовании были определены наиболее характерные онтологические и гносеологические аспекты развивающейся нанохимии: транс- и междисциплинарность, размерный подход (масштабный эффект), индивидуальность наночастиц, конвергентность, инструментализм (конструктивизм), активистский подход, познание через средства теоретического моделирования и поиск корреляций на основе эмпирических, полуэмпирических данных, квантово-механической и квантово-химической теории. Практикоориентированные вопросы нанохимии находятся в области ее прикладных нанотехнологических исследований.

Список литературы

Абрамян, 2007 – *Абрамян А. Основы прикладной нанотехнологии : монография / А. А. Абрамян [и др.] ; [под общ. ред. В. И. Балабанова]. Москва : МАГИСТР-ПРЕСС, 2007. 197 с.*

Абрамян, 2008 – *Абрамян А.* Философские проблемы развития и применения нанотехнологий / А. Абрамян, В. Аршинов, В. Беклемышев, Р. Варганов, Д. Дубровский // Наноиндустрия. 2008. №1. С.4-11.

Канке, 2011 – *Канке В. А.* История и философия химии. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 232 с.

Кирчанов, 2016 – *Кирчанов В.С.* Наноматериалы и нанотехнологии. Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та, 2016. 193 с.

Кондраков, 2014 – *Кондраков И.М.* Методологические подходы к поиску возможных путей развития нанометрических технологий // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 38. С.173-181.

Котенко, 2014 – *Котенко В.П.* Структура феномена нанореальности: объект и предмет нанонаук // Библиосфера. 2014. № 2. С. 3-8.

Курашов, 2018 – *Курашов В.И.* Супрамолекулярная и нанохимия: философско-методологический анализ // Философия науки и техники. 2018. № 1 (23). С. 79–87. URL: <https://doi.org/10.21146/2413-9084-2018-23-1-79-87>.

Летов, 2009 – *Летов О. В.* Философские аспекты развития нанотехнологии [Электронный ресурс] / О. В. Летов // Epistemology & Philosophy of Science. 2009. № 2 (20). С. 112-126. URL: <https://doi.org/10.5840/eps200920266>

Сажина, 2019 – *Сажина О.П.* Философские проблемы химии. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. 13,62 Мб. [Электронный ресурс]. URL: http://openedo.mrsu.ru/pluginfile.php/78339/mod_resource/content/1/Философские%20проблемы%20химии.pdf (дата обращения: 01.02.2022)

Сергеев, 2003 – *Сергеев Г.Б.* Нанохимия. Москва: Изд-во МГУ, 2003. 288 с.

Старостин, 2015 – *Старостин К.М.* Философские аспекты становления нанонауки [Электронный ресурс] // Философия и культура. 2015. № 5 (5). С. 769-782. URL: <https://doi.org/10.7256/1999-2793.2015.5.11029>

Чечеткина, 2013 – *Чечеткина И.И.* Проблема соотношения фундаментальных и прикладных исследований в нанохимии и нанотехнологии // Вестник технологического университета. 2013. Т.16, В.1. С.11-16.

Чечеткина, 2014 – *Чечеткина И.И.* Наномир с технонаучной и философской точек зрения // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №9. С. 380-387.

Чечеткина, 2015 – *Чечеткина И. И.* Наномир: основные понятия квантовой механики и квантовой химии, и их интерпретация // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №19 С.42-47.

Шека, 2002 – *Шека Е.Ф.* Квантовая нанотехнология и нанохимия // Рос. хим.ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. №5. С. 15 – 22.

Ястреб, 2016 – *Ястреб Н.А.* Нанотехнологии и нанонаука: эпистемологический анализ / Н. А. Ястреб // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота, 2016. № 1 (63). С. 213-217.

Bursten, 2016 – *Bursten J. R.* Conceptual Analysis for Nanoscience [Electronic resource] / J. R. Bursten, M. J. Hartmann, J. E. Millstone // The Journal of Physical

Chemistry Letters. 2016, 7, 10. pp. 1917-1918.
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.6b00694>.

Córdoba, 2017 – Córdoba M. How to handle nanomaterials? The re-entry of individuals into the philosophy of chemistry [Electronic resource] / M. Córdoba, A. Zambon // Foundations of Chemistry. 2017. 19, 3. pp. 185-196. URL: <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9283-6>.

Nano on reflection, 2016 - Nano on reflection. Nature Nanotechnology, 2016, 11 (10), pp. 828-834. <https://doi.org/10.1038/nnano.2016.232>.

Zambon, 2021 – Zambon A. Nanomaterials and Intertheoretical Relations: Macro and Nanochemistry as Emergent Levels [Electronic resource] / A. Zambon, M. Córdoba // Foundations of Science. 2021. 26, 2. pp. 355-370. URL: <https://doi.org/10.1007/s10699-020-09723-8>.

References

Abramyan, 2008 – Abramyan A. Filosofskie problemy razvitiya i primeneniya nanotekhnologij / A. Abramyan, V. Arshinov, V. Beklemyshev, R. Vartanov, D. Dubrovskij // Nanoindustriya. 2008. №1. S.4-11.

Abramyan, 2007 – Abramyan A. Osnovy prikladnoj nanotekhnologii : monografiya / A. A. Abramyan [i dr.] ; [pod obshch. red. V. I. Balabanova]. Moskva : MAGISTR-PRESS, 2007. 197 s.

CHechetkina, 2013 – CHechetkina I.I. Problema sootnosheniya fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v nanohimii i nanotekhnologii // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2013. T.16, V.1. S.11-16.

CHechetkina, 2014 – CHechetkina I.I. Nanomir s tekhnonauchnoj i filosofskoj toček zreniya // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. №9. S. 380-387.

CHechetkina, 2015 – CHechetkina I. I. Nanomir: osnovnye ponyatiya kvantovoj mekhaniki i kvantovoj himii, i ih interpretaciya // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T.18, №19 S.42-47.

Kanke, 2011 – Kanke V. A. Istoriya i filosofiya himii. M.: NIYAU MIFI, 2011. 232 s.

Kirchanov, 2016 – Kirchanov V.S. Nanomaterialy i nanotekhnologii. Perm': Izd-vo Perm. nac. issl. politekh. un-ta, 2016. 193 s.

Kondrakov, 2014 – Kondrakov I.M. Metodologicheskie podhody k poisku vozmozhnyh putej razvitiya nanometricheskikh tekhnologij // Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki. 2014. № 38. S.173-181.

Kotenko, 2014 – Kotenko V. P. Struktura fenomena nanoreal'nosti: ob"ekt i predmet nanonauk // Bibliosfera. 2014. № 2. S. 3–8.

Kurashov, 2018 - Kurashov V.I. Supramolekulyarnaya i nanohimiya: filosofsko-metodologicheskij analiz // Filosofiya nauki i tekhniki. 2018. № 1 (23). S. 79–87. URL: <https://doi.org/10.21146-2413-9084-2018-23-1-79-87>

Letov, 2009 – Letov O. V. Filosofskie aspekty razvitiya nanotekhnologii [Elektronnyj resurs] / O. V. Letov // Epistemology & Philosophy of Science. 2009. № 2 (20). C. 112-126. URL: <https://doi.org/10.5840-eps200920266>

Sazhina, 2019 – *Sazhina O. P.* Filosofskie problemy himii. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2019. 13,62 Mb. [Elektronnyj resurs]. <http://openedo-mrsu.ru/pluginfile.php-78339-mod-resource-content-1-filosofskie-20problemy-20himii-pdf-data-obrashcheniya-01-02-2022>

Sergeev, 2003 – *Sergeev G.B.* Nanohimiya. Moskva: Izd-vo MGU, 2003. 288 s.

SHeka, 2002 – *SHeka E.F.* Kvantovaya nanotekhnologiya i nanohimiya // Ros. him.zh. (ZH. Ros. him. ob-va im. D.I. Mendeleeva). 2002. T. XLVI. №5. S. 15 – 22.

Starostin, 2015 - Starostin K.M. Filosofskie aspekty stanovleniya nanonauki [Elektronnyj resurs] // *Filosofiya i kul'tura*. 2015. № 5 (5). С. 769-782. URL: <https://doi.org/10-7256-1999-2793-2015-5-11029>

YAstreb, 2016 – *YAstreb N.A.* Nanotekhnologii i nanonauka: epistemologicheskij analiz / N. A. YAstreb // *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki*. Tambov: Gramota, 2016. № 1 (63). С. 213-217.

Bursten, 2016 – *Bursten J. R.* Conceptual Analysis for Nanoscience [Electronic resource] / J. R. Bursten, M. J. Hartmann, J. E. Millstone // *The Journal of Physical Chemistry Letters*. 2016, 7, 10. pp. 1917-1918. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.6b00694>.

Córdoba, 2017 – *Córdoba M.* How to handle nanomaterials? The re-entry of individuals into the philosophy of chemistry [Electronic resource] / M. Córdoba, A. Zambon // *Foundations of Chemistry*. 2017. 19, 3. pp. 185-196. URL: <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9283-6>.

Nano on reflection, 2016 - Nano on reflection. *Nature Nanotechnology*, 2016, 11 (10), pp. 828-834. <https://doi.org/10.1038/nnano.2016.232>.

Zambon, 2021 – *Zambon A.* Nanomaterials and Intertheoretical Relations: Macro and Nanochemistry as Emergent Levels [Electronic resource] / A. Zambon, M. Córdoba // *Foundations of Science*. 2021. 26, 2. pp. 355-370. URL: <https://doi.org/10.1007/s10699-020-09723-8>.