

К. И. СУЛЕЙМЕНОВА, И. Э. СУЛЕЙМЕНОВ, Е. А. БЕКТУРОВ

## НАНОНАУКА: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Нанотехнология признана одним из приоритетов научно-технического развития практически во всех странах ядра мировой экономической системы. Тем не менее, содержание самих понятий «нанотехнология» и «нанонаука» до сих пор во многом остается дискуссионным. Здесь уместно напомнить, что К. Э. Дрекслер [1] изначально понимал под нанотехнологией совокупность процессов, ориентированных на «сборку» тех или иных структур непосредственно на атомарном уровне, что отражает, в частности, введенное им понятие «молекулярного ассемблера». В настоящее время понятие нанотехнологии трактуется намного более широко, вплоть до того, что отдельными авторами утверждается, что в компетенцию нанонауки попадает изучение вообще всех объектов, обладающих размерами порядка нанометра.

Такой подход, разумеется, делает бессодержательным введение рассматриваемых понятий (в частности, в этом случае вся физическая химия растворов полимеров попадает под определение нанонауки, так как размеры подавляющего большинства макромолекулярных клубков имеют размеры порядка десятков нанометров), поэтому представляется актуальным их методологический анализ, предпринятый в данной работе.

Как будет ясно из дальнейшего, данный анализ целесообразно проводить, отталкиваясь от категории «информация». Предварительно можно отметить, что Дрекслеровская «Engine of creation» обладает принципиальным отличием (с методологической точки зрения) от любых машин и механизмов макроскопического уровня организации. А именно, управление процессом на наноуровне заведомо предполагает, что одни и те же физико-химические (химические) явления используются и для передачи информации о процессе, и для осуществления самого процесса. Упрощенно говоря, применительно к макромолекулярным машинам нельзя выделить отдельные информационные (командные) блоки и исполнительные узлы.

Это является достаточной предпосылкой для того, чтобы проводить анализ понятия нанотехнология с информационной точки зрения. Дополнительно можно отметить, что наиболее низкий уровень организации материи, на котором происходит «генерация информации» по Д. С. Чернавскому [2], как раз отвечает наноструктурам. Именно с учетом этого обстоятельства анализ содержания понятия «нанотехнология», по-видимому, оказывается тесно связанным с вопросом о том, что представляет собой информация как таковая, который рассматривался в работе [3].

В соответствии с подходом [3], материя и информация представляют собой парные диалектические категории, определяемые через противопоставление. Это снимает целый ряд методологических трудностей, возникающих при попытках дать «школьное» определение (дефиницию) понятия «информация». На этом пути, в частности, можно избежать порочного логического круга, а также исключить тавтологии, в которых «информация» определяется через сообщение или передачу сведений.

Как отмечается [3], парные категории материи и информации отражают двойственный характер объективной реальности и представляют собой базовые, фундаментальные понятия, не сводимые к другим; вследствие этого для их определения необходимо пользоваться диалектическим противопоставлением.

Однако, противопоставление, о котором говорилось в [3], далеко не исчерпывает содержания столь многогранного понятия как информация. Применительно к целям данной работы необходимо подчеркнуть, что за рамками рассмотрения [3] остались и вопросы ценности информации, и вопрос о различиях между «макроинформацией» и «микроинформацией», дискутируемый в [2].

Необходимость анализа различий между понятиями макро- и микроинформации [2] связана с представлениями о негэнтропии. В свою очередь, данные представления во многом базируются на аналогиях между формулой Шеннона

для количества информации, содержащейся в сообщении, записанном символами некоторого алфавита, и формулой Больцмана для энтропии системы, характеризуемой совокупностью допустимых квантовых состояний.

В теории связи [4], практически полностью базирующейся на теории А. Н. Колмогорова, различие между энтропией источника сообщений и его информацией выражено слабо; указанные величины выражаются одними и теми же формулами. Это, как отмечается в [2], привело в попыткам отождествления энтропийных характеристик с информационными для физико-химических и биологических систем.

Неадекватность представлениям, в которых такое отождествление имеет место, доказывалось, в частности, подсчетом, выполненным Л. Блюменфельдом. В [5] показано, что вся «ценная» информация, содержащаяся в человеческом организме, формально соответствует энтропии испарения половины литра воды.

Эти и аналогичные им соображения привели к представлениям о макроинформации, и, следовательно, с необходимости как-то определить границу между макро- и микроинформацией. В [2] такая граница определяется через теорию генерации информации, предложенную в цитированной монографии. Соответственно этому Д. С. Чернавский дает определение информации как «запомненный выбор из нескольких равноправных возможностей». Химически, уровень организации, на котором возможна генерация информации, соответствует биологическим макромолекулам, имеющим, как известно, наноразмеры, что и определяет связь между методологическими аспектами наноинформатики и теорией информации.

Однако представления о макроинформации, отраженные, в т. ч. в монографии [2], не могут быть непосредственно согласованы с подходом, предложенным в [3]. В еще меньшей степени они согласуются с представлениями об информации как об «отражении», подробно рассматриваемыми в философской литературе, см., например, [6, 7].

В связи с этим представляется оправданным ввести в рассмотрение категорию «отчужденной информации». А именно, в соответствии с [3], материальное тело обладает двойственной природой, т.е. наряду с собственно материей, измеряемой в физических единицах, оно обладает также и информацией (например, о своих соб-

ственных свойствах, а равно свойствах сходных с ним объектов). Несколько упрощая можно сказать, что в процессе изучения поведение отдельной молекулы водорода будет получена информация о свойствах всех молекул водорода вообще и т.д. В этом смысле материя и информация, диалектически противопоставляемые друг другу, определяют объективную действительность в единстве противоположностей.

Данная информация органически присуща любым материальным телам или объективно протекающим явлениям, и ее вполне допустимо трактовать как неотчужденную. В процессе изучения объекта (включая прямые наблюдения, т.е., например, регистрацию сообщения о том, что явление имело место) происходит отчуждение информации. При этом, в том числе, нарушается, а точнее разрывается, связь определяющая диалектическое единство противоположностей, о которой говорилось выше. При таком подходе, в том числе применительно к процессам, рассматриваемым в [2], уже допустимо говорить **не о генерации** (возникновении ниоткуда), а именно об **отчуждении** информации, т.е. ее регистрации путем фиксации на стороннем носителе.

При этом следует подчеркнуть, что отчуждение информации в указанном выше смысле не обязательно связано с целеполаганием, и тем более не обязательно должно протекать с участием человека. Особенностью биологических макромолекул является не только возможность дубликации информационных полимеров, но и процессы распознавания, протекающие, в том числе, с участием транспортной РНК [8]. Распознавание аминокислот, из которых синтезируются белки, является тем этапом, на котором актуализируется информация, записанная в ДНК.

Химическое распознавание образа, которое характерно не только для биологических процессов, но и для функционирования настраиваемых сорбентов, в этом отношении может рассматриваться как наиболее простой пример явления, в котором имеет место отчуждение информации. А именно, в структуру настраиваемого сорбента заложена информация о свойствах **другого** иона или соединения, который, вообще говоря, может иметь совсем иную химическую природу, нежели сам сорбент. Это принципиально меняет ситуацию по сравнению, например, с «дубликацией» слоев атомов в растущем кристалле.

Таким образом, представления об отчуждаемой информации, в принципе, позволяют достаточно четко определить уровень организации материи, на котором происходит качественная трансформация, а точнее переход из количества в качество, который, в ходе эволюционного развития мог привести к появлению биологических объектов.

Данный вопрос представляется весьма важным, поэтому рассмотрим способ, которым может быть сформирована категория отчужденной информации (указанный способ был использован в [9] для анализа категории виртуального).

Определение любого понятия раскрывает его через другие. Упрощенно говоря, смысл одного слова разъясняется через другие слова. Двигаясь по этому пути, рано или поздно придется придти к базовым понятиям, которые уже нельзя выразить ни через какие другие (или такое разъяснение приведет к появлению порочного логического круга).

Объективная диалектика выходит из такого положения, определяя базовые понятия через противопоставление. Использование противопоставлений в этом отношении позволяет развить внутренне непротиворечивый аппарат категорий, избежав порочного логического круга.

Отметим, что, формулируя свои законы (в частности, наиболее важным здесь является закон отрицания отрицания), диалектика фактически приходит к операциям, не определяемым в рамках формальной логики, которая отнюдь не тождественна логике диалектической. Упрощенно говоря, закон отрицания отрицания невыразим в кванторах математической логики, в которой закон исключенного третьего есть тавтология, т.е. утверждение верное только в силу своей собственной структуры.

Возникает вопрос – можно сформулировать содержательное понятие, которое будет служить отрицанием (в диалектическом смысле) отрицания (как математико-логической операции).

Одним из вариантов ответа на него может служить понятие «двойственного противопоставления», которое, по-видимому, уже требует формирования языка кванторов диалектики. Разумеется, детальное обсуждение данного вопроса уведет слишком далеко в сторону, поэтому целесообразно ограничиться только теми соображениями, которые будут необходимы для дальнейшего построений.

Рассмотрим вначале формальную сторону вопроса. Пусть  $Q_1$  и  $Q_2$  есть понятия (именно, понятия, а не высказывания) связанные друг с другом соотношением отрицания:

$$Q_1 = \neg Q_2. \quad (1)$$

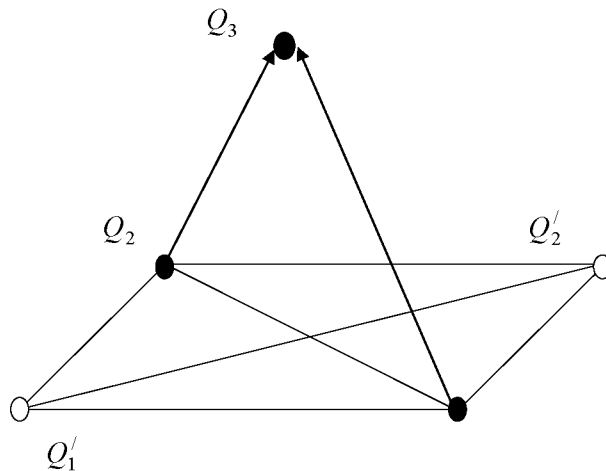
В соответствии с законом отрицания отрицания, (если исходить из предположения, что он применим к понятиям  $Q_1$  и  $Q_2$ ) должно существовать понятие  $Q_3$ , для которого справедливо:

$$Q_3 \neq Q_1, \quad Q_3 \neq Q_2. \quad (2)$$

Еще раз подчеркнем, что в данном случае закон отрицания отрицания применяется к **понятиям**, а не к **операции, их связывающей**.

Противопоставление самой операции отрицания « $\neg$ » можно определить, если ввести в рассмотрение еще одну пару понятий  $(Q'_1, Q'_2)$ , также связанную отрицанием в смысле соотношения (1). Попробуем пояснить это схематически: диалектическое отрицание самих понятий  $Q_1$  и  $Q_2$  связано с «развитием» или количественно-качественным переходом, т.е. понятие  $Q_3$  в том или ином смысле «лежит над исходной плоскостью» пары  $(Q_1, Q_2)$ , что схематически показывает рис. В противоположность этому, понятия  $(Q'_1, Q'_2)$  сформированные по отрицанию не самих исходных понятий  $Q_1$  и  $Q_2$ , а из связывающей их операции диалектического отрицания (« $\neg$ ») должны «лежать в той же самой плоскости», т.е. они не связаны с переходом из количества в качество в его классическом понимании.

Подчеркнем, что здесь понятия  $Q'_1$  и  $Q'_2$  необходимо являются также парными, поскольку



осуществляется отрицание **самой операции** и, следовательно, результат отрицания также должен быть операцией, связывающей как минимум два понятия. (Минимальное число понятий, к которому может быть применена какая-либо операция, есть 1, и минимальное число понятий, которые являются результатом какой-либо операции, также есть 1.)

При таком подходе появляется возможность говорить о частном противопоставлении пары понятий  $Q_1'$  и  $Q_2'$  понятиям  $Q_1$  и  $Q_2$  одновременно.

На этой основе можно дать адекватное истолкование категории отчужденной информации. Действительно, отчуждение информации разрывает, т.е. диалектически отрицает не саму материю, и тем более не саму информацию о свойствах объекта, а существующую между ними связь как единства противоположностей. При этом, что существенно, ни какого «развития» в смысле классического использования закона отрицания отрицания не имеет места.

Далее, раз рассматриваемое отрицание затрагивает не саму исходную пару категорий «материя» – «неотчужденная информация», а связывающее их противопоставление, то категория отчужденной информации должна иметь пару. Именно это обстоятельство представляется весьма важным с точки зрения интерпретации роли нанонауки.

Логично предположить, что категория, которая по отношению к отчужденной информации должна занимать то же самое место, какое по отношению к категории материи занимает категория неотчужденной информации. Следовательно, в качестве парной к категории отчужденной информации можно рассматривать категорию коммуникации.

Разумеется, здесь требуется более подробное обсуждение связи категорий коммуникации и отчужденной информации с категорией отражения, однако уже на данном этапе анализа можно заключить, что уровень организации материи, отвечающий наноструктурам, действительно может быть выделен отдельно (как следствие, в частности, существует особый класс систем, являющийся предметом нанонауки).

Этот уровень организации соответствует физико-химическим системам, процессы в которых допустимо рассматривать в терминах **отчужденной**

информации. Подчеркнем, что данная категория вполне может занять то место, которое до последнего времени занимали представления о «ценной» информации. По существу, говоря о «ценности» информации, большинство авторов исходит из предпосылки противопоставить информацию, уже тем или иным образом выделенную из окружающего мира, в том или ином смысле используемую или познанную, информации, присущей самим материальным (например, неисследованным) объектам. Однако, использование понятия «ценность» применительно к информации влечет за собой, как минимум, необходимость указания критерия для ее определения. Понятие отчужденной информации в этом смысле отвечает условию частичного противопоставления информации, непосредственно связанной с некоторым объектом, и информации, выделяемой в ходе его изучения, наблюдений и т.д.

В то же время, предложенное понятие является намного более общим, нежели «ценная информация». Действительно, объект, например, может быть изучен или без ясно поставленной цели и т.д. Информация может являться бесполезной в смысле невозможности ее последующего использования, однако все особенности процесса ее получения и выделения остаются теми же, что и при получении сведений, имеющих, например, непосредственное практическое применение. Представления об отчуждении информации позволяют трактовать оба этих случая с одинаковых позиций.

Более того, категория отчужденной информации во многом оказывается более последовательной, чем представления о макроинформации, а точнее, различия, проводимые между макро- и микроинформацией.

Это можно показать на конкретном примере. По Д.С. Чернавскому, вычисление величины вида

$$I = -\sum_i p_i \ln p_i . \quad (3)$$

где  $p_i$  – вероятность нахождения системы в  $i$ -том допустимом состоянии, ассоциируется с представлениями о микроинформации. Неявно в [2] утверждается, что микроинформация, не фиксируемая в течение характерного промежутка времени, т.е. связанная с быстро сменяющимися друг друга состояниями, не может быть ценной. Фактически говорится, что существует некий порог стабильности состояний, за которым информация

приобретает тот смысл, который вкладывается, например, в утверждение «информация была получена в ходе изучения данной системы». Тем самым, представления о микроинформации, строго говоря, должны приводить к тому, что «ценная» информация может быть получена только применительно к таким физико-химическим системам, в которых реализуются состояния, отвечающие условиям стабильности, сформулированным в [2]. Будучи сформулированным в явном виде, этот вывод из построений [2], очевидно ошибочен.

Если затрагивать не только задачи биологии и равновесной физической химии, то формула (3) может давать «ценную» информацию и в смысле, который вкладывается в это понятие в [2]. Пример предоставляют задачи физики плазмы, в которых часто реализуются функции распределения электронов по энергиям, существенно отличающиеся от распределения Максвелла [10]. В этом случае подсчет характеристик функции распределения по формуле (3) может давать ценную (в практическом смысле) информацию, несмотря на то, что по [2] она, безусловно, относится к микроинформации.

Таким образом, представления об отчужденной информации позволяют преодолеть существенные трудности, характерные для ранее использованных понятий «ценная информация» и «макроинформация». Они же позволяют утверждать, что существует уровень организации материи (нануровень), на котором могут протекать физико-химические явления, связанные с процессами, применительно к которым допустимо говорить об отчуждении информации.

В заключение отметим, что представления о системах, способных к отчуждению информации позволяют объединить в один вполне определенный класс как биологические объекты, так и квазиживые системы, способные к направленному синтезу структур на атомно-молекулярном уровне, на который, в конечном счете, изначально была нацелена нанотехнология в смысле, вкладываемом в данный термин в [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Drexler K.E.* Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology, New York: Anchor Press/Doubleday, 1986.
2. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация (Динамическая теория информации). М. УРСС, 2004. 208 с.
3. *Сулейменов И.Э.* К вопросу о дуализме материи и информации // Мир Человека. 2006. №4. С. 91.
4. *Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Коржик В. И., Назаров М. В.* Теория электрической связи. Учебник для вузов / Под ред. Д. Д. Кловского. М.: Радио и связь, 1999.
5. *Блюменфельд Л.А.* Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1977.
6. *Иоффе М.С.* Ленинская теория познания и физика // Успехи физических наук. 1970. Вып. 4. С. 4.
7. *Кориунов А. М.* Отражение, деятельность, познание. М.: Политиздат, 1979. 216 с.
8. *Волькенштейн М.В.* Молекулярная биофизика. М.: Наука, 1988. 517 с.
9. *Сулейменов И.Э., Сулейменова К.И.* Виртуальность и Постмодерн // Мир Человека. 2007. №1. С. 87.
10. *Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров С.А.* Основы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1977. 452 с.

УДК: 561.64.678.744

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби;  
Институт химических наук  
им. А. Б. Бектурова МОН РК

Поступила 13.09.07г.