

перспективно использовать молекулу фуллерена в качестве самостоятельного наноразмерного устройства и, в частности, усилительного элемента.

Фуллерен как фоторезист. Под действием видимого (энергия фотонов более 2 эВ), ультрафиолетового и более коротковолнового излучения фуллерены полимеризуются и в таком виде не растворяются органическими растворителями. В качестве иллюстрации применения фуллеренового фоторезиста можно привести пример получения субмикронного разрешения (порядка 20 нм) при травлении кремния электронным пучком с использованием маски из полимеризованной пленки C_{60} .

Сверхпроводящие соединения с C_{60} . Молекулярные кристаллы фуллеренов — полупроводники, однако в начале 1991 г. было установлено, что легирование твердого C_{60} небольшим количеством щелочного металла приводит к образованию материала с металлической проводимостью, который при низких температурах переходит в сверхпроводник. Легирование C_{60} производят путём обработки кристаллов парами металла при температурах в несколько сотен градусов Цельсия. При этом образуется структура типа X_3C_{60} (X — атом щелочного металла). Переход соединения K_3C_{60} в сверхпроводящее состояние происходит при температуре 19 К. Вскоре установили, что сверхпроводимостью обладают многие фуллериты, легированные атомами щелочных металлов в соотношении либо X_3C_{60} , либо XY_2C_{60} (X, Y — атомы щелочных металлов). Рекордсменом среди высокотемпературных сверхпроводников указанного типа оказался $RbCs_2C_{60}$ — его $T_{кр} = 33$ К.

Помимо указанных приложений, фуллерены находят широкое применение и в других отраслях технологической науки: в создании новых смазок и антифрикционных покрытий, новых типов топлива, алмазоподобных соединений сверхвысокой твёрдости, датчиков и красок.

ГЕНЕЗИС КОНЦЕПЦИИ «СЕРОЙ СЛИЗИ»

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Савич В. А.

Позняк А. А. — канд. физ.-мат. наук, доцент

Концепция «серой слизи» рассматривает гипотетический сценарий конца света как результат неконтролируемого размножения самореплицирующихся наноассемблеров (нанорепликаторов), сопровождаемого поглощением и переработкой в наномассу («серую слизь») всего доступного вещества на планете, в галактике, во Вселенной. Данная проблема представляет собой потенциальную опасность развития нанотехнологий и подлежит детальному рассмотрению.

Страх перед невидимой, всепроникающей и потому всеисильной опасностью возник, вероятно, с появлением человечества. Древнегреческие и древнеримские мыслители (Гиппократ, Варрон), высказавшие предположение о существовании мелких невидимых животных, вызывающих заразные болезни, положили начало эвристическому этапу развития микробиологии. Итальянский врач Д. Фракасторо, живший в XV в. н.э., сформулировал стройную гипотезу о живом контакти (*contagium vivum*). Эмпирическое подтверждение существования невидимых человеческого глазу микроорганизмов осуществил изобретатель микроскопа А. Левенгук в XVII в. В XVIII-XIX вв. было открыто великое множество возбудителей различных заболеваний. В 60-х годах XIX в. микробиолог Л. Пастер опроверг гипотезу о самозарождении микроорганизмов. В 1892 г. ботаник Д. И. Ивановский открыл вирусы.

Одним из первых идею реплицирующегося механизма, создающего свои уменьшенные копии и способного манипулировать с веществом на микроуровне, выдвинул писатель Б. Житков в фантастическом очерке «Микроруки» в 1931 г. [1].

Концепция самовоспроизводящихся из доступного материала машин, универсальных сборщиков, функционирующих по определенной программе и не нуждающихся в непосредственном контроле, была сформулирована в первой половине XX в. математиком Дж. фон Нейманом.

Идея машин фон Неймана была позднее развита до уровня самовоспроизводящихся космических кораблей, зондов фон Неймана. Крайне эффективным предполагается применение подобных механизмов в исследовании космоса. Существует также гипотеза о самовоспроизводящихся кораблях-сеятелях, способных к терраформированию и колонизации необитаемых миров. Ф. Саберхагеном в 1967 г. в цикле рассказов «Берсеркер» выдвинута гипотеза о боевых кораблях-репликаторах, запрограммированных на обнаружение и уничтожение жизненных форм в пределах галактик [2].

В 1959 г. в своей знаменитой лекции «*There's Plenty of Room at the Bottom*» физик Р. Фейнман высказал идею манипулирования отдельными атомами вещества механизмами-репликаторами, во многом близкую задумке Б. Житкова. Фейнман обратил внимание на сложности реализации подобного на практике в результате постепенного нивелирования определенных физических эффектов и возрастания роли иных при переходе в микро- и наномир. Он указал также и на такие преимущества данного подхода, как крайне высокая энергетическая эффективность, экономичность и универсальность [3].

В повести «Непобедимый», написанной в 1964 г., С. Лем обрисовал концепцию «умной пыли» — сети из малых беспроводных МЭМС или НЭМС, способных взаимодействовать между собой, получать данные о состоянии внешней среды и определенным образом реагировать на внешние раздражители. Лем описал феномен «мертвой эволюции» и пришел к выводу, что существование подобных неживых механизмов, подчиняющееся своим законам, ничем не хуже и не лучше существования живых белковых соединений [4].

Идею «мертвой эволюции» машин фон Неймана развил Д. Брин в рассказе «*Lungfish*», написанном в 1986 г. Брин рассмотрел саморепликатеры как своеобразную форму жизни, описал возможность конкуренции подобных механизмов за сырье, осуществления мутаций, возникновения различных видов, образующих целую экосистему, а при наличии искусственного разума – общество [5].

Концепция «серой слизи» создана инженером К. Э. Дрекслером, описавшим ее в 1986 г. в книге «*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*». Автор рассмотрел самореплицирующиеся наноасемблеры не только как машины созидания, но и как машины разрушения. Дрекслер предположил, что неконтролируемая переработка вещества нанорепликаторами в «серую слизь» может быть инициирована преднамеренным включением Машины судного дня, либо случайной мутацией и потерей контроля над самореплицирующимися наномашинами. Под термином «серая слизь» Дрекслер понимал нулевую ценность и бессмысленность вышедших из-под контроля нанорепликатеров, превосходящих органические существа с точки зрения конкурентоспособности, но менее вдохновляющих и нужных, чем любой вид лопуха [6].

В 2000 г. Б. Джой опубликовал эссе «*Why the future doesn't need us*», в котором описал гипотетические проблемы, связанные с дальнейшим развитием перспективных научных направлений, таких как искусственный интеллект, нанотехнологии, геновая инженерия, развил тем самым и идеи Дрекслера [7].

Возможности применения самореплицирующихся наноасемблеров в военном деле рассмотрел Ю. Альтман в книге «Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений» [8].

Идеи Дрекслера, будучи опубликованными, подверглись жесточайшей критике в научных кругах. Яркими противниками концепции самореплицирующихся наноасемблеров и «серой слизи» выступили химик Д. Уайтсайдс и лауреат Нобелевской премии Р. Смолли.

Интересная критическая статья о проблеме «серой слизи», содержащая количественный технический анализ этого катастрофического сценария и ряд ограничений концепции «серой слизи», а также предлагающая ряд позитивных решений, написана Р. Фрейтасом в 2000 г. в ответ на эссе Джоя и называется. «*Some Limits to Global Ecophagy by Biovorous Nanoreplicators, with Public Policy Recommendations*». Фрейтас выделяет гипотетические виды «серой слизи» на основе анализа предполагаемых структурных материалов нанорепликатеров: «серый планктон» – наномассу репликатеров, растущих в Мировом океане, «серую пыль» – тип наноасемблеров, добывающих необходимые вещества непосредственно из воздуха и находящейся в нем пыли, «серый лишайник» – самореплицирующихся нанороботов, развивающихся в почве и горных породах. Для борьбы с «серой слизью» Фрейтас предлагает использовать специально сконструированные, желателно не реплицирующиеся наноботы, заранее накопленные в защитных сооружениях. Он выступает за введение моратория на эксперименты в области искусственной жизни на небологических носителях, считает возможным контроль над возникновением и зарождением «серой слизи» благодаря мониторингу земной поверхности с геостационарных спутников [9].

В настоящее время считается, что концепция «серая слизь» в принципе не может быть реализована в масштабах, описанных Дрекслером. Так, для осуществления репликации наноасемблерам необходима энергия, которой определено недостаточно для образования «серой слизи» на астероидах, далеких от звезд планетах и в межзвездном пространстве. Ставится под вопрос универсальность сырья для репликации вследствие недостатка определенных ферментов и катализаторов для осуществления химических реакций. Универсальность «серой слизи» вызывает сомнение и вследствие неоднородности определенных физических факторов, важных для успешного размножения наноасемблеров, даже в пределах планеты. Изучение проблемы мутаций простейших биологических организмов приводит к выводу о том, что среди мутаций нанорепликатеров смогут закрепляться лишь повышающие выживаемость в определенной данной среде и, тем самым, опять же снижающие универсальность. Наконец, возможно появление «хищных» форм наноасемблеров, перерабатывающих на ресурсы себе подобных как наиболее доступный и ценный источник необходимых веществ и энергии.

Несмотря на то, что проблема «серой слизи», очевидно, значительно преувеличена и существует множество иных, более актуальных и реалистичных проблем, связанных с развитием нанотехнологий и ожидающих нас в более близкой перспективе, человечеству, вероятно, предстоит столкнуться и с опасностями распространения и развития самореплицирующихся наноасемблеров, и потому оно должно готовиться к этому уже сегодня.

Список использованных источников:

1. Житков, Б. С. Семь огней: Очерки, рассказы, повести, пьесы / Б. С. Житков. — Л.: Детская литература – 1982. – 289 с.
2. Саберхаген, Ф. Берсеркер: фантастические произведения / Ф. Саберхаген. — М.: Эксмо. – 2009. – 864 с.
3. Feynman, Richard P. There's Plenty of Room at the Bottom / Richard P. Feynman // Journal of Microelectromechanical Systems. – 1992. — Vol. 1, No. 1. – Pp. 60 – 66.
4. Лем, С. Солярис. Эдем. Непобедимый / С. Лем. — М.: Аст. – 2009. – 608 с.
5. Brin, D. The River of Time: Short Stories / D. Brin. — Bantam. – 1986. – 281 p.
6. Drexler, K. Eric. Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology / K. Eric Drexler. — Anchor Press, Doubleday, New York. – 1986. – 78 p.
7. Joy, Bill. Why the future doesn't need us / Bill Joy. — Wired. – 2000. – 11 p.
8. Альтман, Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений. Учебное пособие / Ю. Альтман. — М.: Техносфера. – 2008. – 424 с.
9. Freitas, Robert A. Jr. Some Limits to Global Ecophagy by Biovorous Nanoreplicators, with Public Policy Recommendations / Robert A. Freitas Jr. — Research Scientist, Zyvex LLC, Richardson. – 2000. – 20 p.