Юсупов Р.М., Федорченко Л.Н., Наумов В.Б., Кубарь О.И.
О рекомендациях межпарламентских слушаний по вопросам этики
нанотехнологий для законодательного обеспечения государств-участников
Содружества Независимых Государств

*ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации
Российской академии наук (СПИИРАН)*

*Институт государства и права Российской академии наук (ИГП РАН)
Санкт-Петербургский НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/sciencepublic-15-07-2020-02

idspr: sciencepublic-15-07-2020-02

Нанотехнологии – это быстро развивающиеся инновационные технологии с большими возможностями практического применения.

Термин "нанотехнологии" был введен японским физиком Норио Танигучи (позже независимо американским инженером Э.Дрекслером) для обозначения изделий из атомов и молекул. Однако до реализации этой технологии было еще далеко. Основы практической реализации его теоретических идей заложили Нобелевские лауреаты физики Герд Карл Бинниг, Генрих Рорер и Эрнст Август Фридрих Руска, которые в 1981 году создали сканирующий туннельный микроскоп, позволяющий не только видеть, но и манипулировать атомами. Реальные результаты появились, когда японец, Сумио Иидзима, профессор университета Мэйдзё, первым в мире создал в 1991 году нанотрубки из углерода, диаметр которых составляет несколько тысячных долей диаметра человеческого волоса, а длина — порядка 100 нанометров. Именно эти углеродные нанотрубки из сверхтонкого углеродистого материала — фуллерена и стали первым реальным наноматериалом, на основе которого строятся сейчас различные вещи, предлагаемые на рынке новых товаров.

В России первая отечественная нанотехнологическая установка, осуществлявшая направленный уход частиц с острия зонда микроскопа под влиянием нагрева, заработала в 1987–1988 годах в научно-исследовательском институте «Дельта». Она была создана под руководством Петра Николаевича Лускиновича.

Мировой рынок товаров, созданных нанотехнологиями, составил 254 млрд. долларов в 2009 г. В 2015 г. – 1 трлн. долларов и предполагается 3 трлн.долларов в 2020 г. Доля России на мировом рынке нанотехнологий в настоящее время составляет 0.04%.

Развитие нанотехнологий во многом происходит благодаря государственной поддержке в различных формах. Лидерами по объемам финансирования являются США, Германия, Китай, Япония и Россия. Государственная поддержка Национальной Нанотехнологической Инициативы (ННИ) в США с 2001 г. по 2011 г. составила 14.2 млрд.\$. Германия в течение 20 лет поддерживает развитие нанотехнологий, – в 2010 г. федеральное финансирование составило 400 млн. евро. В Китае с 2009 г. по 2011 г. выделено 4.5 млрд. юаней. В России в 2010 г. выделен 1 млрд. рублей. На период с 2012 г. по 2015 г. выделено 79 млрд. рублей, и в ближайшие 10 лет планируется занять в наноиндустрии 20 тысяч исследователей и 2 млн высококвалифицированных рабочих.

Создано РОСНАНО. Благодаря инвестициям «РОСНАНО» к настоящему времени открыто около 85 заводов и R&D (Research and Development) центров в 30 регионах России.

Вместе с тем, опасности и последствия для экологии человека вызывают множество вопросов этического характера.

Два подхода к развитию этики нанотехнологий

Существуют два потенциально сбалансированных (альтернативных) подхода к этике нанотехнологий:

а) нанотехнологии являются революционными технологиями, поэтому существующие этические стандарты недостаточны, необходимо разрабатывать новые подходы, позволяющие адекватно проводить экспертизу нанотехнологических проектов;

б) нанотехнологии являются инновационными технологиями, но их развитие не нуждается в специализированном регулировании; достаточно разработанного инструментария этической экспертизы, применяемого в биомедицине и генетике.

Оба эти подхода, вне зависимости от внешней альтернативной позиции, отражают системную задачу динамического развития глобальной *биоэтики* в соответствии с уровнем и темпом научно-технического прогресса, для решения и предотвращения кризисных гуманитарных и социальных последствий такового.

Представляется целесообразным формировать особое этическое отношение в рамках этики в сфере нанотехнологий – новой отрасли прикладной этики, задачей которой является осмысление дискуссионных проблем, порождаемых новейшими достижениями в сфере нанонауки и нанотехнологий, поиском и обоснованием морально-этических принципов и регуляторов наноисследований, оценкой социальных последствий внедрения и практического применения нанотехнологий.

Для оперативного и результативного взаимодействия и управления процессами развития нанотехнологий в глобальном и перспективном масштабе, желательно, чтобы универсальные положения этой новой стратегии прикладной этики нанотехнологий стали морально-этическими нормами, зафиксированными в соответствующем документе – Рекомендациях "Об этике нанотехнологий".

Концепции и принципы этики нанотехнологий

В качестве основных концепций этики нанотехнологий предлагаются этические принципы как моральные ориентиры при разработке и применении нанотехнологий [1]:

- общественная подотчетность и прозрачность при принятии решений, касающихся нанотехнологических исследований;
- этическая компетентность властей и общественности при решении проблем, связанных с нанотехнологиями;
- обязательность междисциплинарных общественных дискуссий, требующая сбалансированности, объективности и всесторонней информированности;
- обязательность анализа, оценки и стандартизации рисков;
- уважение частной жизни и конфиденциальности при использовании нанотехнологий в биомедицине и генетике;
- охрана экологии человека и природы, требующая сбалансированности между возможностями и рисками, порождаемыми контактами нанотехнологий и нанопродуктов с человеком и их воздействием на окружающую среду.

Роль принципа предосторожности

Особую роль следует отвести принципу предосторожности, который требует при определении и оценке рисков от инноваций, носящих неопределенный и проблематичный характер, принимать во внимание, в первую очередь, наиболее опасный из возможных вариантов развития событий, т. е. исходить из презумпции опасности.

Например, в деле «Христозов и другие против Болгарии» Европейский суд по правам человека (ЕСПЧ) поддержал запрет государства на отказ в применении неразрешенного экспериментального лекарства в целях лечения. В данном случае Болгария следовала принципу предосторожности, поставив общественные интересы по защите общества от рисков применения экспериментальных препаратов выше интересов заявителей. Экспериментальный противораковый препарат (*MBVax Coley Fluid*) не был разрешен к использованию ни в одной стране, но в ряде государств разрешалось его благотворительно-испытательное применение. Однако законодательством Болгарии не предусмотрено использование неразрешенных непроверенных препаратов вне рамок клинических испытаний ввиду потенциальной опасности здоровью и жизни человека. Данный законодательный запрет был одобрен со стороны ЕСПЧ.

Вместе с тем, чрезмерно сильные версии принципа могут привести к «парадоксу предосторожности» – ограничению применения нанотехнологий, сдерживающему их развитие, что может нанести еще больший вред человеку.

Задача состоит в том, чтобы избежать обеих крайностей, как слишком жесткой, так и слишком слабой интерпретации принципа предосторожности. Поэтому при установлении соразмерности мер, применяемых для защиты экологии человека, их баланс должен определяться для каждого конкретного случая отдельно.

Новая ветвь этики в сфере нанотехнологий

Программы этической экспертизы нанотехнологий показывают неоднозначность в понимании принципов, которые следует применять к регулированию разработок с использованием нанотехнологий.

Исследователь проблем этики новых технологий Ибо ванн де Поэл рассматривает «pro et contra» (за и против) подходов к этической экспертизе нанотехнологий в статье «Как следует заниматься наноэтикой?». Сетевой подход для различения этических проблем нанотехнологий [2] и отмечает тенденцию, в рамках которой возникает новая ветвь этики новых технологий – *этика в сфере нанотехнологий*.

Критический подход к целесообразности разработки специализированной этики нанотехнологий формулируется в статье Сёрена Холма «Нужна ли наноэтика для нанотехнологий?» [3]. Он полагает, что нанотехнологии сами по себе не приносят никаких новых рисков, которые могли бы потребовать специальных подходов этической экспертизы: «Несмотря на то, что есть серьезная потребность этического анализа множества проблем, возникающих в связи с развитием различных направлений нанотехнологий, все же нет необходимости в «наноэтике». Приемы, разработанные в рамках прикладной этики за последние 35 лет, по всей видимости, уже предусматривают все необходимые инструменты, позволяющие анализировать нанотехнологии» [4].

Автор статьи «Нанотех – нечто новое. Этические проблемы – старые» Макдоналд также полагает, что **этические принципы не следует обновлять** с развитием нанотехнологий: «Этические размышления о нанотехнологиях требуют, чтобы мы применяли этические принципы в этой области, однако нет необходимости применять *новые* принципы. Например, в то время как нанотехнологии находят себе место в наномедицине, возникают вопросы в связи с проведением исследований с участием человека. Инновационные разработки иногда используют новые методы доставки лекарств (например, лекарства доставляются в опухоль внутри сконструированных молекул, например, фуллерена). В этом случае этические принципы, регулирующие исследование, останутся неизменными. Исследователи все также должны фокусироваться на *информированном согласии*, минимизации рисков и защите уязвимых социальных групп» [5]. Существуют конвенции и международные принципы, защищающие права человека, участвующего в исследованиях, которые

можно применить и к защите прав пациентов в наномедицине. Например, «Конвенция о правах человека и биомедицине» (Конвенция Овьедо) 1997 г. регламентирует получение добровольного и информированного согласия пациента как способ защиты прав человека. Институт информированного согласия является важным принципом, действующим во всех сферах изучения и применения научных и технических разработок. Содержание данного принципа, например, в плане применения в медицинской практике, состоит в запрете какого-либо медицинского вмешательства в отношении пациента без его согласия, закрепляя приоритет автономии и прав человека по отношению к развитию научно-технического прогресса. Информирование должно быть полным, объективным, открытым и доступным по сути предоставляемой информации, ее форме и времени, т.е. должно быть дано до момента начала любых действий и манипуляций. Медицинский работник обязан предоставить пациенту объективные сведения о характере и возможных последствиях предполагаемого медицинского вмешательства и существующих альтернатив такого вмешательства. Такие сведения должны, в частности, касаться улучшения, которое может наступить в результате лечения, и рисков, связанных с лечением, причем не только характерных для этого типа вмешательства, но и обусловленных индивидуальными особенностями пациента.

В деле «Баталины против Российской Федерации» ЕСПЧ (Европейский суд по правам человека-European Court of Human Rights) был затронут ряд вопросов, в частности, проблемы клинических испытаний новых лекарственных средств без согласия испытуемого. ЕСПЧ, опираясь на положения пунктов 20–23 Хельсинской декларации 1913 г и статей 5, 15, 16 «Конвенции о правах человека и биомедицине» акцентировал внимание на запрет проведения научных исследований и осуществление диагностики, лечения или терапии с испытанием новых лекарственных средств в отсутствие согласия испытуемых. Таким образом, традиционный подход к этической экспертизе нанотехнологий основывается *на опыте, приобретенном в предыдущие десятилетия регулирования исследовательской деятельности.*

Между тем нанотехнологии отличаются от технологий, которые когда-либо развивала наука. Автор статьи «Нанотехнологии – новое направление этических исследований» А. Грунвальд отмечает две особенности нанотехнологий – их высокий потенциал в случае применения для улучшения человека и высокую степень конвергенции этических аспектов применения нанотехнологий. Он полагает, что: «В некоторой мере, новым в нанотехнологиях является конвергенция различных этических проблем в одной технологии. Аналогично широко известному факту, что нанонаука и нанотехнологии – это области, в которых традиционные границы между физикой, химией, биологией и техническими науками пересекаются, точно так же традиционные подходы этической рефлексии сливаются с этическими вопросами в нанотехнологии» [6].

Оценка нового нанопродукта, управление рисками и взаимосвязь между ними являются одними из наиболее сложных вопросов для клинических исследований в медицине. Чтобы свести к минимуму эти риски, клиническое исследование должно иметь систему мониторинга данных и безопасности для отслеживания неблагоприятных событий, побочных реакций и других проблем с исследуемым продуктом.

В связи с этим государственным органам в сфере науки и здравоохранения следует спонсировать долгосрочные исследования, направленные на изучение и выявление последствий воздействия нанопродуктов. Также целесообразно подготовить единые рекомендации для сотрудничающих в сфере нанотехнологий стран, например, как ранее разработанные общие этические принципы научных исследований государств-участников СНГ [1]. Перспективным также является взаимодействие в

сфере проведения патентных исследований и создания сотрудничающей экспертной группы в области нанотехнологий и наноэтики.

Риск негативного воздействия наночастиц

Едва возникнув, нанотехнология как идея создания микромашин и изменения материи на уровне молекул [7-8] и нанотехнологии как предметная реализация этого замысла в конкретных областях науки (например, в медицине) привлекли внимание многих специалистов в области этики. Поскольку применение нанотехнологий в медицине развивается, а потенциальные риски влияния наночастиц глубоко не изучены, то пациент нуждается в защите от негативного воздействия нанотехнологий на организм. Пока что изучение негативного воздействия на здоровье человека наночастиц является новым направлением, называемым «нанотоксикология».

Выяснилось, что существует довольно много сценариев развития, связанных с нанотехнологиями, для рассмотрения которых придется использовать даже противоречивые по своим методам этические подходы, пришедшие, как из биоэтики, так и из исследовательской этики.

Примечательно, что не только эти методы оказались востребованными для решения проблем нанотехнологий, но и сами принципы этики получили новое критическое осмысление в контексте нанотехнологий.

Однако, несмотря на широту этических концепций, нанотехнологические исследования, по-прежнему вызывают обоснованное беспокойство и заставляют искать новые подходы предотвращения непредсказуемых рисков.

Риск негативного воздействия наночастиц на человека и природу – ключевой элемент современных этических дискуссий о нанотехнологиях. Риск, понимаемый как реальная опасность или даже теоретическая возможность любых негативных последствий, традиционно рассматривается как основной критерий оценки новых технологий.

Поскольку нанотехнологии с момента своего появления были восприняты в работах ученых, популяризаторов науки и представителей культуры как угроза, прежде всего угроза создания самореплицирующихся наномашин, разрушающих экологию и представляющих фатальную угрозу для людей, идея риска стала отправной точкой для дискуссий о нанотехнологиях. Именно высокие риски, понимаемые буквально как угроза на физическом уровне, рассматриваются как ключевой аргумент для введения моратория на исследования в области нанотехнологий. Опасения в связи с угрозой распространения наномашин были опровергнуты в известной дискуссии о невозможности такого сценария развития нанотехнологий [10]. Однако проблема риска как фактора ограничения нанотехнологий все же сохранила свое значение. Сегодня в России отсутствует полноценное нормативное регулирование нанотехнологий: существующие нормативные правовые акты, как правило, носят общий характер, ограничиваясь основой для последующего детального регулирования. Требуют постоянного совершенствования и системного анализа положения о безопасном применении нанотехнологий и на международном уровне.

Этические дискурсы

По мнению А. Феррари [10], новая технология может быть рассмотрена в контексте трех наиболее распространенных этических дискурсов – *деонтологической этики*, основанной на жестком соблюдении принципов, *виртуалистской этики*, которая исходит из поддержки личных качеств исследователей и *консеквенциализме* – этики, построенной на тщательной оценке возможных рисков, связанных с технологией, и их регулировании. Из этих трех подходов наиболее востребованным для анализа нанотехнологий является консеквенциализм, однако, будучи приоритетным, этот подход скорее становится объектом критики, чем набором принципов регулирования нанотехнологий.

Согласно консеквенциализму, высокие риски должны быть основанием для более тщательного контроля за технологиями, но риски могут быть оправданы, если есть надежда на получение хороших результатов.

Нахождение баланса между риском и пользой является определяющим условием развития технологии. Однако, как считает А. Феррари[10], одна из проблем нанотехнологий состоит как раз в том, что традиционный акцент на анализ риска и пользу в контексте консеквенциализма с трудом сочетается с нанотехнологиями [12].

Во-первых, одна из проблем исследований возможных рисков – человеческий фактор и незаинтересованность разработчиков в публичном обсуждении коммерческих проектов, – отсюда следует слабое финансирование подобных исследований.

Во-вторых, это нехватка независимых специалистов, поэтому те, кто исследуют возможные риски, испытывают конфликт интересов [13], будучи заинтересованы в развитии той области науки, в которой они работают.

А. Феррари также отмечает слабость принципа предосторожности. Применять «принцип предосторожности» для регулирования нанотехнологий сложно из-за того, что спектр рисков, связанный с нанотехнологиями, так широк, что использование этого принципа позволит относиться к двойственности, неопределенности и неизвестным свойствам рационально, но, даже будучи подкреплён научной оценкой возможных рисков, он не может быть инструментом регулирования технологии, поскольку этот принцип нельзя использовать для принятия конкретных решений [14].

Разнообразие рисков усугубляется и возможностью нецелевого использования нанотехнологий, например, для создания оружия или нетерапевтической модификации человека.

Регулирование этических проблем

Потребность в том, чтобы шире регулировать этические проблемы, возникающие в связи с развитием нанотехнологий, и поиск более мягких и потому широких методов их определения нашли свое выражение в идеях «ответственного подхода» и «стабильного развития» нанотехнологий, воплощенных в сфере «мягкого закона» – рекомендательных документов, определяющих направление, в соответствии с которым должна развиваться технология.

Концепция «стабильного развития» [15] подразумевает принятие во внимание интересов будущих поколений людей и сохранение окружающей среды.

Концепция «ответственного подхода» к развитию нанотехнологий продолжает идею «стабильного развития» и включает прежде всего публичность проводимых исследований в области нанотехнологий [16], открытость материалов, затрагивающих текущие исследования, соблюдение принципа предосторожности и принципа стабильного развития.

Роль этики в «ответственном подходе» к нанотехнологиям определяется следующими направлениями [18]:

- «разъяснение наиболее справедливых правил игры, процветание человека и устойчивое развитие, нахождение таких возможностей, при которых нанотехнологии будут развиваться ответственно, а также нахождение возможных препятствий для желательного развития нанотехнологий;
- разработка стандартов для потенциальных нанотехнологий; обеспечение “этического сопровождения” (а именно, инструментов и ресурсов, которые позволят отдельным лицам и организациям принимать решения с учетом их этической оценки), которое создаст обществу условия для адаптации к новым технологиям» [18].

Между тем проблема непредсказуемого влияния на окружающую среду материалов, созданных и модифицированных при помощи нанотехнологий, не позволяет считать существующие этические подходы достаточными. Непредсказуемость воздействия нанотехнологий на человека и неоднозначность социального эффекта, который может возникнуть с внедрением нанотехнологий, например, в медицину, а также неведение о возможностях, скрытых в уже созданных нанотехнологических продуктах, становятся причиной напряженного отношения к быстрому развитию нанотехнологий как со стороны независимых экспертов, так и среди тех, кто критикует существующие этические концепции, когда они используются в этике нанотехнологий. Если рассматривать этические проблемы, связанные с безопасностью наночастиц, наноматериалов, наноустройств и их воздействием на человека в медицине, то следует констатировать отсутствие более детальных положений регулирования использования нанотехнологий. Клинические исследования по изучению влияния наночастиц, как правило, не включают достаточное количество субъектов для выявления редких побочных эффектов, а некоторые проблемы со здоровьем требуют многолетней практики их наблюдения. Так, известно, что фуллерен (открытие которого было удостоено Нобелевской премией по химии 1996 г.) защищает клетки от радиации. Однако исследователи отмечают потенциальную опасность фуллеренов для молекул ДНК, хранящих генетическую информацию, так как компьютерное моделирование показало препятствование фуллеренами механизму самовосстановления поврежденной молекулы ДНК. Также обнаружено, что наночастицы полиамидамин дендримеров (РАМAMs), используемые как агенты доставки лекарств, вызывают клеточные повреждения в тканях лёгких. В серии экспериментов, проведённых в Китайской академии медицинских наук над мышами, обнаружено, что наночастицы РАМAMs запускают программу «клеточной смерти», известную как аутофагия. Руководители проекта сразу же призвали научное сообщество обратить особое внимание на безопасность использования нанотехнологий в медицине.

Прежде чем нанопродукты смогут быть использованы для диагностики, профилактики или лечения заболеваний, они должны сначала пройти обширные доклинические и клинические испытания. Исследователи только начали изучать токсикологические, фармакологические и иммунологические свойства различных наноматериалов. Оценка безопасности наноматериалов может стать сложной задачей, поскольку они не имеют общих свойств, кроме размера (1–100 нм).

Однако, при помощи нанотехнологий можно не только модифицировать уже существующие, созданные природой материалы, но и создавать новые материалы с заданными свойствами, нанотехнологии фактически являются источником сознательного конструирования желательных свойств природы. В этом случае большое значение имеет то, насколько осознанно общество воспримет как риски, так и блага, созданные наукой.

Поле влияния нанотехнологий

Поле влияния нанотехнологий может быть определено терминами – «двусмысленность» и «неведение». Невозможность исчерпать проблему этической концептуализации нанотехнологий средствами наиболее эффективных и зарекомендовавших себя подходов прямо возникает из множественности форм, в которых нанотехнологии могут развиваться.

В этих условиях объединение различных этических методов оценки нанотехнологий – неизбежная реакция на столь масштабное влияние науки на общество.

Гуманитарные принципы, такие как справедливое распределение благ, защита интересов различных социальных меньшинств, влияние на окружающую среду нашли всеобщую поддержку и отчетливо присутствуют в структуре этического обоснования и международного социального права в сфере этики науки и технологий. Как и многие другие виды новых технологий, нанотехнологии, окажут влияние на человека, и потому сегодня требуется создание концептуальных заготовок, из которых со временем, когда наиболее острые риски нанотехнологий проявятся в реальном времени, будет возможно выстроить этику, позволяющую технологии развиваться, а обществу эту технологию безопасно использовать.

Фактически принципы, регулирующие развитие нанотехнологий, мало отличаются от тех, которые сегодня применяются в любой другой сфере науки, сопряженной с инновациями. Примеры современных подходов к этическому регулированию нанотехнологий приведены в докладах Европейской группы по этике науки и новых технологий [23] и Английского королевского общества «Нанонауки и нанотехнологии: возможности и сложности» [24].

Основным направлением деятельности эксперты Европейской группы считают предварительную оценку рисков, в том числе влияние наночастиц на здоровье человека и возможность обратного, негативного воздействия нанотехнологий. Принцип безопасности ориентирован на охрану здоровья и жизни людей, принимающих участие в нанотехнологических исследованиях.

Следует отметить, что с нанотехнологиями сейчас связывают исключительно искусственно созданные наночастицы [25], отличая их от наночастиц, возникающих в природе естественным образом. Подчеркивается уникальность и непредсказуемость влияния нанотехнологий на живые организмы.

Неопределенность – абсолютно нерегулируемое пространство

Возможно, именно поэтому «Кодекс ответственного проведения нанонаучного исследования» особым пунктом выделяет ответственность исследователей (пункт 3.7), так как никто лучше них не может определить негативный потенциал конкретной нанотехнологической разработки.

Другой важный момент развития нанотехнологий, упоминаемый в Рекомендациях, – прозрачность и открытость информации, многоступенчатая экспертиза и даже защита для тех ученых, которые опубликуют информацию о рискованных разработках в этой сфере (п.4.1.5).

Новый уровень динамики экспертизы нанотехнологий

Развитие новых технологий происходит комплексно (как в случае NBIC технологий) и инициирует быстрое изменение среды и условий жизни человека. Динамика изменений как на физическом уровне (влияние на человека, природу), так и на социальном, регулировались принципами.

Важный аспект – это новый уровень динамики экспертизы нанотехнологий. Проблемы непредсказуемости свойств наночастиц фактически решаются «на лету» при помощи более сложного процесса экспертной оценки, где основной акцент делается на мониторинг и профессиональную ответственность исследователей.

Открытость информации об исследованиях в области наночастиц, многообразный мониторинг нанотехнологических исследований (экологический, социальный), безопасность всех, кто соприкасается с нанотехнологическими разработками, – все эти меры обозначены в «Кодексе ответственного проведения нанонаучных и нанотехнологических исследований». Зафиксированные в «Кодексе» принципы мониторинга коррелируют с выводами дискуссий об этике нанотехнологий и в целом являются направлением экспертной оценки, которая призвана если не снять полностью, то, во всяком случае, смягчить ценностные конфликты, возникающие в

ходе развития нанотехнологий. Положительная роль «Кодекса», который уже десять лет определяет морально-этические ориентиры в сфере исследований и внедрений нанотехнологий безусловна.

Заключение

Исследования этических вопросов нанотехнологий продуктивно развивать в виде особой поддисциплины внутри прикладной этики.

Необходимо проведение более глубокого и всестороннего анализа десятилетнего опыта применения Кодекса исследователей нанотехнологий в Евросоюзе с целью разработки современного модельного Кодекса для государств-участников СНГ, направленного на формирование единой морально-этической платформы, как регулятора при разработке и внедрении нанотехнологий.

Целесообразно рассмотрение вопроса о создании постоянно действующей подкомиссии по этике нанотехнологий при МПА СНГ, с целью проведения инвентаризации научно-исследовательских центров и производств СНГ, разрабатывающих и внедряющих нанотехнологии, а также осуществления непрерывного мониторинга их деятельности для своевременного выявления новых этических вызовов.

1. Р.Г. Апресян, О.И. Кубарь, Б.Г. Юдин. Об этических принципах научной деятельности: Аналитический обзор и Проект Декларации для государств – участников СНГ /. – СПб.: Издательство НИИЭМ им. Пастера, 2011. – 36 с.
2. Van de Poel I. How should we do nanoethics? A network approach for discerning ethical issues in nanotechnology // NanoEthics. – 2008. – Т. 2. – №. 1. – С. 25–38.
3. Holm S., Does nanotechnology require a new «nanoethics»? Cardiff Centre for Ethics, Law and Society, August 2005. 26.10.2007. Web <http://www.ccels.cf.ac.uk/archives/issues/2005/>. (accessed on)
4. Там же, с. 3.
5. MacDonald C. Nanotech is novel; the ethical issues are not: we must become competent in dealing with moral concerns related to all new technologies // The Scientist. – 2004. – Т. 18. – №. 3. – С. 8–9.
6. Grunwald A. Nanotechnology—a new field of ethical inquiry? // Science and Engineering Ethics. – 2005. – Т. 11. – №. 2. – С. 187–201.
7. Фейнман Р. Лекция 29 декабря 1959 г. на ежегодной встрече Американского общества физиков. Цит. по: // The European Group on Ethics in Science and New Technologies. Opinion №21. Web: http://ec.europa.eu/european_group_ethics/activities/docs/opinion_21_nano_en.pdf. P. 11. (accessed July 17, 2020)
8. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. P. 109. Web: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. – (Дата обращения – 10.04.2017).
9. Ferrari A. Developments in the Debate on Nanoethics: Traditional Approaches and the Need for New Kinds of Analysis // Nanoethics. 4/2010, P. 27–52.
10. Там же. С. 31
11. Shrader-Frechette K. Nanotoxicology and ethical conditions for informed consent // Nanoethics 1/2007 P. 47–56
12. Ferrari A. Developments in the Debate on Nanoethics: Traditional Approaches and the Need for New Kinds of Analysis // Nanoethics. 4/2010, P. 34.
13. Stirling A. Risk, precaution and science: towards a more constructive policy. // EMBO Reports 8/2007. P. 309–315 (<http://www.nature.com/embor/journal/v8/n4/full/7400953.html>)
14. Там же. С. 35; См. так же: European Commission. A code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research, A Commission Recommendation of 07/02/2008 Web:http://ec.europa.eu/nanotechnology/index_en.html
15. Ferrari A. Developments in the Debate on Nanoethics: Traditional Approaches and the Need for New Kinds of Analysis // Nanoethics. 4/2010, P. 35)
16. Там же. С. 36; См. также: Sandler R. Nanotechnology: the social and ethical issues. PEN 16. Washington. Woodrow Wilson Center, Project on Emerging Technologies. Web:(http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7060/nano_pen16_final.pdf)
17. Code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research. Web <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/nanocode-recommendation.pdf>. (Дата обращения – 10.04.2017).

18. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties / The Royal Society Science, Policy Section. The Royal Society, 2004. Web:<http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report68.pdf>
19. Там же, глава 21.
20. Там же, глава 26.
21. The European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission, Opinion on the ethical aspects of nanomedicine, Opinion N° 21, 2007.
22. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties / The Royal Society Science, Policy Section. The Royal Society, 2004.
23. Code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research. [Электронный ресурс] Режим доступа – <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/nanocode-recommendation.pdf>. Дата обращения - 10.04.2017.
24. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties / The Royal Society Science, Policy Section. The Royal Society, 2004. (<http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report68.pdf>) chapter 21.
25. The European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission, Opinion on the ethical aspects of nanomedicine, Opinion N° 21, 2007.
26. Zwart SD, Van de Poel I, van Mil H, Brumsen M (2006) A network approach for distinguishing ethical issues in research and development. *Sci Eng Ethics* 12:663–684; Ibo van de Poel, How Should We Do Nanoethics? A Network Approach for Discerning Ethical Issues in Nanotechnology // *NanoEthics*, 2008, № 2, P. 25–38.
27. Ibo van de Poel, How Should We Do Nanoethics? A Network Approach for Discerning Ethical Issues in Nanotechnology // *NanoEthics*, 2008, № 2, P. 34.
28. Grinbaum A., Dupuy J. P. Living with uncertainty: toward the ongoing normative assessment of nanotechnology // *Techne: Research in Philosophy and Technology*. – 2004. – Т. 8. – №. 2. – P. 4–25.
29. Юсупов Р.М., Блюм В.С., Федорченко Л.Н., Кубарь О.И. – Проект Секретариата МПА СНГ Рекомендации «Об этике нанотехнологий», Принят на 49 Ассамблее МПА СНГ 19 апреля 2019. <http://iacis.ru/activities/documents/>

Shoaib M., Israyilova A., Shafiyeva S., Babayeva I.

Evaluation of anti-fungal properties of new functionally substituted cyclohexanone compounds

*Baku State University
(Azerbaijan, Baku)*

doi:10.18411/sciencepublic-15-07-2020-03

idsp: sciencepublic-15-07-2020-03

Abstract

Antimicrobial resistance is a serious global health problem for humans as well as animals. Functionally substituted cyclohexane derivatives have exhibited substantial biological profile including antifungal properties. We report antifungal properties of two new functionally substituted cyclohexanone derivatives against *Candida tropicalis* BDU LK30, *Candida pelliculosa* BDU KT55 and *Candida pseudotropicalis* BDU MA88. Agar well diffusion method was used to evaluate antifungal properties of test compounds at three different concentrations. The test compounds exhibited moderate to strong antifungal properties against *Candida species*. Test compounds demonstrated antifungal properties even at 0.05% concentration except for *Candida pelliculosa* BDU KT55. *Candida tropicalis* BDU LK30 was found to be most susceptible test culture with zone of inhibition 23.3 ± 0.3 mm at 0.3% concentration.

Keywords: Antimicrobial resistance, Agar well diffusion, *Candida species*, Cyclohexanone derivatives, Antifungal properties

Introduction

Development of resistance to antimicrobial drugs has been increasing at rapid pace since last 20 years. Synthetic organic compounds are best available alternative for