

# ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕРГЕНТНЫХ NBIC-ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

**Николай Чащин**, канд. биол. наук, директор

**Петр Смалько**, канд.биол.наук, заместитель директора

**Екатерина Скребцова**, ученый секретарь

ГУ «Научный центр медико-биотехнических проблем НАН Украины»,  
Киев, Украина

biomed04@ukr.net

## *ETHICAL ASPECTS OF THE USE OF CONVERGENT NBIC-TECHNOLOGIES IN MEDICINE AND HUMAN ECOLOGY*

*The consequences of using convergent NBIC-technologies, especially in biology and medicine, are still unpredictable. Therefore, a comprehensive analysis of the ethical problems caused by these technologies and the search for solutions aimed at protecting human health and the environment is required. The prospects and possible consequences of convergence of NBIC- technologies, tools of social control that prevent or reduce the risks of their use are considered.*

Развитие науки и техники в наступившем столетии характеризуется ускоренным прогрессом в области нанотехнологий, биотехнологий, информационных технологий и когнитивных наук [1]. Все эти технологии активно взаимодействуют друг с другом, образуя так называемую NBIC- конвергенцию (по первым буквам областей: N – нано; B – био; I – инфо; C – когно). Результаты применения конвергентных технологий, таких, например, как «нано-био», «нано-инфо», «нано-когно» могут приводить к социально-экономическим последствиям, которые по широте охватываемых явлений и масштабности будущих преобразований без сомнения можно назвать революционными [2]. Приведенные примеры с «нано-» не случайны, поскольку в концепции NBIC- конвергенции особо важное значение имеют нанотехнологии, которые дают уникальную возможность осуществлять целенаправленные манипуляции с объектом на атомарном и молекулярном уровнях. Последние достижения в нанонауке и нанотехнологиях обуславливают быструю конвергенцию других наук и технологий. Именно поэтому нанотехнологии выступают в роли «катализатора» конвергенции.

Действительно, сегодня уже идет активное использование нанотехнологий для создания более мощных вычислительных и коммуникационных устройств. Это в свою очередь облегчает моде-

лирование наноструктур, обеспечивая ускоренный прогресс нанотехнологий [1]. Такое же синергетическое взаимодействие наблюдается и в области биологических наук и биотехнологий. Известно, что биологические системы дали ряд инструментов для построения наноструктур. Использование концепций и принципов, заимствованных из биологии, способствует развитию нанотехнологий, делая их более безопасными по отношению к живому организму [3]. В целом же взаимосвязь нано- и био- областей науки и технологии носит фундаментальный характер – при рассмотрении биологических структур на молекулярном и наноуровне становится очевидным отсутствие принципиальных отличий между живыми и неживыми системами [4].

Благодаря применению нанотехнологий в области фундаментальной биологии и медицинской биотехнологии, сформировалось такое направление как наномедицина. Развитие наномедицины связано с рядом проблем философского, этического, правового и социального характера. К ним, в частности, относятся такие проблемы как:

- Переосмысление основ и целей медицины как науки, искусства и социальной практики;
- Изменение подходов к определению понятий «норма», «здоровье», «болезнь», «благополучие», «благо» и т.д.;
- Трансформация взаимоотношений между врачом и пациентом;
- Пересмотр принципов персонализированной медицины;
- Более глубокое понимание человеческой природы, целесообразности и правомерности ее видоизменений.

В практическом смысле наномедицина предоставляет инновационные подходы для выявления и лечения заболеваний, целевой доставки лекарственных средств, наноразмерной хирургии, регенеративной медицины – восстановления или замещения частей тела с помощью большого разнообразия наноматериалов. Достаточно четко сформировалась нанофармакология, призванная изучать физико-химические и фармакодинамические свойства нанопрепаратов, показания, противопоказания и возможные побочные эффекты их применения. Одновременно развиваются нанотоксикология и наноэкология, направленные на исследование влияния наноматериалов на здоровье человека, животных и окружающую среду [5].

Из четырех отраслей NBIC-конвергенции когнитивная наука – самая молодая, по мнению экспертов, самая перспективная [6].

Она сама является междисциплинарной конвергенцией психологии, лингвистики, антропологии, нейронауки и компьютерной науки, то есть первичных составляющих искусственного интеллекта. По мнению ученых, стремительный прогресс, присущий сегодня когнитивной науке, вскоре позволит «разгадать загадку разума», то есть описать и объяснить процессы, ответственные за высшую нервную деятельность человека. Следующим шагом, вероятно, будет реализация данных принципов в системах универсального искусственного интеллекта, который будет способен к самостоятельному обучению, творчеству и свободному общению с человеком. Из явно просматриваемых уже сегодня перспектив в паре «нано-когно», прежде всего, следует выделить использование наноинструментов для изучения мозга, а также – его компьютерного моделирования.

Таким образом можно констатировать, что в настоящее время мы живем в условиях развивающейся NBIC-конвергенции, то есть в условиях усиливающегося взаимовлияния и взаимодействия ведущих инновационных технологий, предполагающих уже в ближайшие десятилетия:

- радикальное расширение физических и интеллектуальных возможностей человека;
- освоение человеком новых сред обитания (водной среды, других планет и открытого космоса, виртуальных вселенных);
- появление систем искусственного интеллекта, превосходящих человека по своим возможностям;
- эффективное управление климатическими изменениями и процессами в биосфере, глобальное восстановление природных экосистем;
- достижение материального благополучия на основе развитых нанотехнологий и информационных технологий;
- перенос личности человека на новый физический носитель, например, на искусственную нейронную сеть или в обладающий соответствующей архитектурой и вычислительной мощностью компьютер [7].

Из вышеизложенного следует, что конвергентные NBIC- технологии могут кардинально влиять на здоровье человека, его физические и интеллектуальные возможности. Существенное значение для прогресса в этой сфере имеет всестороннее понимание фундаментальных химических и биологических аспектов живого, поиск путей контроля над метаболизмом в клетках, тканях, органах и

целых организмах, изучение человеческого мозга и его всестороннее компьютерное моделирование, включая симуляцию разума, личности, сознания и других свойств человеческой психики.

Что касается практического использования конвергентных технологий в медицине, то оно характеризуется рядом особенностей. Во-первых, это высокий потенциал конструирования человеческого тела и сознания. Электронные имплантанты и физические модификаторы позволяют улучшить биологические возможности человека, а разработка интерфейсов «мозг-компьютер» открывает широкие возможности для подключения через нервную систему искусственных частей тела и донорских органов [1]. Уже сейчас информационные и коммуникационные технологии используются для повышения человеческого интеллекта, они существенно усиливают умственные способности человека в работе с информацией, расширяя и углубляя границы его природных возможностей. Во-вторых – это миниатюризация, позволяющая создавать нанороботов для мониторинга физиологического состояния, целевой доставки лекарственных препаратов и очистки сосудов, обеспечивать прямые контакты между мозгом и компьютером, между биомолекулами в кровеносном русле и сенсорами и др. И в-третьих – это индивидуализация: достижения молекулярной генетики и нанобиотехнологии позволят создавать лекарства, учитывающие особенности конкретного генома, что даст возможность точно попадать в «цель» и избегать побочных эффектов.

Последнее, кстати, уже воплощается в жизнь в виде так называемой «персонализированной медицины», которая стала реальностью благодаря достижениям современной молекулярной науки – фармакогенетики и связанных с ней «-omics» технологий, таких как геномика, протеомика и метаболомика. Это инновационное направление в медицине представляет собой персонализированный подход к выбору и дозировке лекарственных средств на основе результатов молекулярно-биологических исследований генетических факторов, влияющих на специфику ответа организма на тот или иной препарат [8]. Целью фармакогенетики является выявление групп пациентов, которые в связи с генетическими особенностями имеют различную скорость метаболизма применяемых лекарственных средств, что учитывается при разработке схемы лечения пациента в соответствии с его индивидуальными данными.

Таким образом, персонализированная медицина отходит от традиционной фармакотерапии, ориентированной на всю популяцию, и фокусируется на отдельных индивидуумах или небольших

субпопуляциях. Применение персонализированных методов существенно сократит смертность не только непосредственно от заболеваний, но и от неверно назначенных лекарственных средств. Исходя из этого, можно сделать вывод, что персонализированная медицина более эффективна и безопасна, т.е. более этична.

Однако, при переходе от абстрактной концепции персонализированной медицины к реально работающей модели персонализированного здравоохранения возникает множество препятствий, которые включают научные, этические, экономические, образовательные и организационные аспекты. В результате широкой дискуссии о преимуществах и недостатках персонализированной медицины, проблемах перехода от традиционного к персонализированному здравоохранению, делается вывод, что медицина будущего должна учитывать все эти аспекты на пути к персонализированному подходу в интересах пациента [9].

Без сомнения NBIC-технологии способны привести к революционным преобразованиям не только в медицине, но и в других сферах жизнедеятельности человека [4]. Это самые различные области промышленности, энергетика, военная, космическая, информационная и телекоммуникационная сферы. В то же время результаты использования этих инновационных технологий могут быть непредсказуемыми и нести определенные риски для человека, общества и окружающей среды. В связи с этим насущными становятся анализ последствий применения NBIC-технологий, оценка их возможных рисков и разработка инструментов социального контроля, предотвращающих или снижающих их. Предполагается, что одним из таких инструментов для обеспечения биобезопасности человека и природы может стать гуманитарная экспертиза и разработка социогуманитарных технологий на основе биоэтики [10].

Потенциальные риски и угрозы био- и нанотехнологий в сочетании с информационно-коммуникационными и когнитивными технологиями связаны с новыми качествами и свойствами, которые проявляются в нанодиапазоне, а также с новыми свойствами генетически модифицированных организмов и активных гибридных нанобиоструктур. К сожалению, управление развитием NBIC-технологий сегодня находится на начальной стадии. Сейчас ведутся дискуссии о возможных негативных последствиях применения инновационных конвергентных технологий для здоровья человека, состояния окружающей среды и безопасности. Однако эти последствия пока не удается однозначно определить даже для

современного поколения наноструктур и продуктов биотехнологий, не говоря уже о будущем. В наработанных сегодня документах только указывается на особое положение нанобиотехнологий и перспективы их конвергенции между собой и с информационными технологиями, а также отмечается, что конвергенция этих высоких технологий способна коренным образом трансформировать процесс производства и структуры потребления товаров и услуг, тем самым создавая предпосылки для серьезных экономических и социальных изменений [11].

## **Библиография**

1. Прайд В., Медведев Д.А. Феномен NBIC-конвергенции: Реальность и ожидания. In: Философские науки, 2008, № 1, с. 97–117.
2. Цикин В.А. NBIC-конвергенция – катализатор техногенной модификации человека. In: Філософія науки: традиції та інновації, 2014, № 2(10), с. 3-13.
3. The strategy of survival in the context of bioethics, philosophy and medicine. / Кундиев Ю.И., Скребцова Е.В., Смалько П.Я., Чашин Н.А.: Проблемы взаимодействия природных и синтетических наноразмерных структур: Proceedings of international conference. Resp. Teodor N. Tirdea, Chisinau. 2014, p. 228-230.
4. Аматова Н.Е. Развитие и внедрение NBIC-технологий: история и современность. In: Современные проблемы науки и образования, 2014, № 5, с. 36-41.
5. Чекман І.С. Нанофармакологія: експериментально-клінічний аспект. In: Лік. справа, 2008, № 3–4, с. 104–109.
6. Roco M.C., Bainbridge W.S. (Eds.) Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging technologies in society. Berlin: Springer. 2006.
7. Мищенко А. В. Апгрейд в сверхлюди. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009..
8. Evans, W.E., McLeod, H.L. Pharmacogenomics – drug disposition, drug targets and side effects. In: The New England journal of medicine, 2003, Vol. 348. № 6, p. 538-549.
9. Седова Н.Н. Этика персонализации в современной медицине. In: Материалы 19-й международной научной конференции «Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века». Минск, Республика Беларусь. 2019, с. 493-494.
10. Нежметдинова Ф.Т. Гуманитарная экспертиза рисков внедрения современных технико-технологических достижений НБИК-технологий на основе биоэтики: методологический подход. In: Инноватика и экспертиза, 2013, Вып. 1(10), с. 132-138.
11. Белянцев А.Е. NBIC-технологии как сфера международного взаимодействия. In: Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского, 2013, № 6(1), с. 350-356.