

turn, is dependent on the health of those involved in ensuring the productive process and the social-cultural life. This is why in this sense we can mention that health is the “social revealer” and the central social phenomenon.

Bioethics addresses many medical dilemmas, but first of all, those that require an urgent moral solution. For this reason, bioethics must find the right place in the education and in the continuous training of the specialists in the health system. Therefore, bioethics through its principles and imperatives is a new moral form of social organization and regulation of the vital activity of the individual in relation to the biosphere. It integrates these processes and creates a new systemic conception and a new model of international collaboration for achieving the common goal - to ensure global security and survival on Earth.

REFERENCES

1. Engelhardt, T. H. Jr. Fundamentele bioeticii creștine / T. H. Jr. Engelhardt. – Sibiu: Deisis, 2005. – 507 p.
2. Цырдя, Т. Н. Единство феномена биоэтики и ноосферной парадигмы в стратегии обеспечения безопасности современной цивилизации / Т. Н. Цырдя. Матеріали IV Міжнародного симпозіуму з біоетики «Розвиток ідей біоетики у європейському контексті» 11-12 травня 2006 р. – Київ: Сфера, 2006. – С. 140-142.
3. Astarastoae, V. Essentialia in Bioetica / V. Astarastoae, T. A. Bella. – Iași: Cantes, 1998. – 254 p.
4. Țirdea, T.N. Bioetica medicală în sănătate publică / T.N. Țirdea, R.C. Gramma – Chișinău: Casa editorial-poligrafică BonsOffices, 2007. – 247 p.
5. Roth, A. Modernitate și modernizare social / A. Roth – Iași; Polirom, 2002. – 246 p.

КОНВЕРГЕНТНЫЕ NBIC-ТЕХНОЛОГИИ: ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ И ПРОБЛЕМЫ БИОБЕЗОПАСНОСТИ CONVERGENT NBIC-TECHNOLOGIES: ETHICAL ASPECTS OF THEIR USE IN MEDICINE AND BIOSAFETY PROBLEMS

E. В. Скребцова, П. Я. Смалько, Н. А. Чашин

K. Skrebtssova, P. Smalko, N. Chashchyn

ГУ «Научный центр медико-биотехнических проблем НАН Украины», г. Киев, Украина
biomed04@ukr.net

SE “Scientific Center for Medical and Biotechnical Research of NAS of Ukraine”, Kiev, Ukraine

Непредсказуемость последствий применения конвергентных NBIC-технологий, особенно в биомедицине, предполагает тщательный анализ вызванных ими этических проблем и поиск решений, направленных на охрану здоровья и защиту экологии человека. В статье приводятся перспективы и возможные последствия конвергенции NBIC-технологий, инструменты социального контроля, предотвращающие или снижающие риски их использования.

The unpredictability of the effects of convergent NBIC-technologies, especially in biomedicine, assumes a thorough analysis of ethical problems they cause and the search for solutions aimed at protecting health and the human environment. The article presents the prospects and possible consequences of the convergence of NBIC-technologies, tools of social control that prevent or reduce the risks of their use.

Ключевые слова: НБИК-технологии, конвергенция, потенциальные риски, социальный контроль, биомедицина, наноэтика, охрана здоровья населения.

Keywords: NBIC-technologies, convergence, potential risks, social control, biomedicine, nanoethics, public health protection.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-95-98>

Сегодня развитие науки и техники 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 (N – нано; B – био; I – инфо; C – когно). Результаты комбинаций конвергированных технологий таких, например, как «нано-био», «нано-инфо», «нано-когно» приводят 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 особенно 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 моделирование 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. С другой стороны, 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: совершенствование человеческого тела и его отдельных функций, вместо заботы о здоровье и лечении целостного организма;
- изменение подходов к определению понятий «норма», «здоровье», «болезнь», «благополучие», «благо» и др.;
- 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: наночастиц, нановолокон, липосом и др. Достаточно четко сформировалась нанофармакология, призванная изучать физико-химические и фармакодинамические свойства нанопрепараторов, показания, противопоказания и возможные побочные эффекты их применения. Одновременно развиваются *нанотоксикология* и *наноэкология*, направленные на исследование влияния наноматериалов на здоровье человека, животных и окружающей среды.

Из четырех отраслей NBIC-конвергенции когнитивная наука – самая молодая и, по мнению экспертов, самая перспективная [3]. Она 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 просматриваемых же сегодня перспектив в паре «нано-когно», прежде всего, следует выделить использование наноинструментов для изучения мозга, а также его компьютерного моделирования.

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 несколько десятилетий:

- 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 глобального материального изобилия 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 [4].

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 нанороботы 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. В-третьих – это индивидуализация: достижения молекулярной генетики и нанобиотехнологии позволяют создавать лекарства, учитывающие особенности конкретного генома, что даст возможность точно попадать в «цель» и избегать побочных эффектов.

Последнее, кстати, уже воплощается в жизнь в рамках так называемой *персонализированной медицины*, которая стала реальностью благодаря достижениям современной молекулярной науки – фармакогенетики и связанных с ней «-omics» технологий, к которым относятся прежде всего геномика, протеомика и метаболомика. Это инновационное направление в медицине представляет собой персонифицированный 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. Целью фармакогенетики является выявление групп пациентов, которые в связи с генетическими особенностями имеют различную скорость метаболизма лекарственных средств, что учитывается при разработке схемы лечения пациента в соответствии с его индивидуальными данными.

Основной особенностью персонализированной медицины является наличие возможности выбора лекарств и соответствующей терапии на основе изучения фармакологического ответа генетической программы каждого отдельного человека. Однако на специфику такого ответа влияет и множество других факторов, часто не связанных с генетическими особенностями. В частности, активность ферментов (фармакологический ответ) изменяется с возрастом, образом жизни, с развитием тех или иных заболеваний и рядом других причин. Поэтому персонализированная медицина предусматривает постоянный мониторинг метаболических профилей индивида, что позволяет с изменениями того или иного биомаркера выявлять изменения состояния всего организма. При этом сопоставляются не уровни отдельных биомаркеров у больных и здоровых людей, а непрерывные профили изменений этих уровней у каждого отдельного индивидуума. Это позволяет учитывать отличительные особенности организма больного, избегая тем самым принципа «одно лекарство для всех». Подбирая индивидуальные схемы лечения, врач способен, прежде всего, улучшить результат лечения, а также обеспечить его безопасность и рентабельность.

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 [5]. В первую очередь следует отметить, что сегодня еще по-прежнему велика дистанция между практическим здравоохранением и фундаментальной медициной. Более того, с развитием новых направлений в медицине она возрастает. Кроме того, в самой персонализированной медицине остаются проблемы, связанные с возможностью генетической дискриминации, не решен вопрос свободного доступа пациентов к технической информации в обход лечащего врача и ряд других.

Важным этическим аспектом персонализированной медицины является проблема доступности. Действительно, персонализированная медицина требует проведения постоянного мониторинга пациентов с помощью дополнительных высокотехнологических тестов, что должно приводить к удорожанию медицинских услуг, т.е. к ограничению их доступности. В то же время, существует другая точка зрения, согласно которой использование подходов персонализированной медицины ведет к существенной экономии расходов на медицинскую помощь: при правильно поставленном диагнозе и тактике лечения соответствующие затраты резко сокращаются. Более того, развитие персонализированной медицины предусматривает усовершенствование и удешевление ее методов, например, путем перехода от дорогих протеомных исследований к анализу профилей метаболитов. И тогда за счет разработки моделей, которые позволяют по метаболомному профилю экстраполировать концентрацию и активность диагностически значимых белков, можно будет сократить как время, так и себестоимость анализа. И здесь определяющую роль могут сыграть конвергентные NBIC-технологии. Уже сегодня можно говорить, что применение информационных и нанобиотехнологий в «методическом пуле» персонализированной медицины способно значительно упростить, сократить во времени и, главное, удешевить процесс получения необходимых данных.

Еще одна проблема, связанная с практической реализацией модели персонализированной медицины, состоит в том, что в настоящее время подготовленность специалистов-медиков в этой области является недостаточной, существует большой разрыв между возможностями персонализированной медицины и способностью врачей оценить и использовать их на практике. Существующая сегодня система высшего медицинского образования по своей идеологии, форме, содержанию и конечному результату не отвечает современным вызовам и требованиям, не может обеспечить в полной мере подготовку специалистов нового поколения, особенно в прорывных отраслях здравоохранения и медицинской науки. И от решения этого вопроса также в значительной степени зависит успех развития этого инновационного направления в медицине.

Таким образом, сегодня идут дискуссии о преимуществах и недостатках персонализированной медицины, проблемах перехода от традиционного к персонализированному здравоохранению. Преобладает мнение, что медицина будущего, прежде всего, должна учитывать все этические аспекты на пути к персонализированному подходу в интересах пациента [5].

Ученые считают, что NBIC-технологии способны привести к революционным преобразованиям не только в медицине, но и во всех сферах жизнедеятельности человека [2]. Но нельзя сбрасывать со счетов и то, что

результаты использования этих технологий могут быть непредсказуемыми и нести определенные риски для человека, общества и окружающей среды. В связи с этим, наступными становятся: анализ последствий применения NBIC-технологий, оценка их возможных рисков и разработка инструментов социального контроля, предотвращающих или снижающих их. Одним из таких инструментов для обеспечения биобезопасности человека и природы может стать гуманитарная экспертиза и разработка социогуманитарных технологий на основе биоэтики. Перед этикой возникают проблемы определения базиса моральных суждений и поступков, правильного понимания новых технологий, оценки техногенных рисков и в итоге – поиска морально приемлемых путей научно-технического развития.

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 конвергентных технологий для здоровья человека, состояния окружающей среды и биобезопасности. 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. Международные организации едины только в том, 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прайд, В., Медведев, Д.А. Феномен NBIC-конвергенции: Реальность и ожидания. Философские науки. – 2008. – №1. – С. 97–117.
2. Аматова, Н.Е. Развитие и внедрение NBIC-технологий: история и современность. Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 36-41.
3. Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (Eds.) Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging technologies in society, Springer. – 2006.– Berlin.
4. Мищенко, А. В. Апгрейд в сверхлюди. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2009. – 168 с.
5. Седова, Н.Н. Этика персонализации в современной медицине. Материалы 19-й международной научной конференции «Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века». Минск, Республика Беларусь.– 2019. – С. 493-494.

НА ПЕРЕКРЕСТКАХ БЕЛОРУССКОЙ БИОЭТИКИ AT THE CROSSROADS OF BELARUSIAN BIOETHICS

**В. Н. Сокольчик¹, А. И. Климович², Н. В. Голобородько¹
V. Sokolchik¹, A. Klimovich², M. Halabardonka¹**

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования (БелМАПО),
г. Минск, Республика Беларусь, vsokolchik@mail.ru

²Белорусский государственный медицинский университет (БГМУ), г.Минск, Республика Беларусь
vsokolchik@mail.ru

¹Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Repablik of Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Repablik of Belarus

Биоэтика является специфической дисциплиной, зародившейся на перекрестке многих областей современного знания. Ее возникновению способствовало большое количество разноплановых причин политического и идеологического характера, а в ее содержании заложена определенная противоречивость. Все это приводит к тому, что биоэтическое знание зачастую не понимается и не принимается должным образом, а через профанные рассуждения обедняется содержательная составляющая, обесцениваются идеалы. Эти и другие проблемы приводят к кризису как западноевропейской, так и белорусской традиции биоэтики. Авторы выступают со своего рода программой, цель которой – выход биоэтики на новый не только содержательный, но и ценностный уровень.

Bioethics is a specific discipline that arose at the crossroads of many areas of modern knowledge. A large number of diverse reasons, both political and ideological, promoted its emergence and, consequently, it has certain inconsistency in its content. All this leads to the fact that bioethical knowledge is often not understood and not properly accepted, the content component is impoverished through profane reasoning and as a result lead to the crisis of both the Western European and Belarusian traditions of Bioethics. The authors come up with a program which goal is to bring Belarusian Bioethics to a new not only substantial, but also value level.