

Фундаментальные науки и фундаментальная медицина

В аналитической статье обсуждаются сложившиеся в современном мире представления о статусе и роли фундаментальных и прикладных исследований и конкретно медицинской науки для социально-экономического развития общества. Приводятся классификации и определения, используемые ЮНЕСКО и другими международными и национальными организациями разных стран, включая Российскую Федерацию, и связанные с ними концепции развития науки. Дискутируется особая роль медицинской науки, в значительной степени относящейся к категории стратегических базовых исследований, которые направлены на понимание фундаментальных основ прикладной конечной цели. Научные исследования сегодня признаются основным компонентом инноваций и ключом к развитию современного общества. Акцентируется внимание на том, что завтрашние прорывные технологии вырастают из сегодняшних инновационных идей и из достижений фундаментальных и прикладных наук, использующих эти идеи. Обосновывается важность понимания, что финансирование прикладных исследований обеспечивает материальную выгоду только в краткосрочной перспективе. В то же время устойчивые государственные инвестиции в кажущиеся нерентабельными фундаментальные исследования служат фактором, критически важным для социально-экономического развития любой страны, и целесообразны в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: фундаментальные, базовые и прикладные науки, медицинская наука, инновации, социально-экономическое развитие.

(Для цитирования): Зуева М.В. Фундаментальные науки и фундаментальная медицина. Вестник РАМН. 2016;71(1):77–83. doi: 10.15690/vramn624)

Фундаментальные науки и статус фундаментальных исследований

Необходимо отметить наличие некоей семантической путаницы, возникшей в последние десятилетия XX века и существующей по настоящее время в публикациях и даже в официальных документах, связанной с вкладыванием различного смысла в одни и те же термины, относящиеся к классификации научных исследований. Существующие во всем мире, часто односторонние и противоречивые представления о статусе и роли фундаментальных и прикладных наук нередко становятся причиной негармоничной структуры финансирования исследований. Однако сегодня в разных странах наблюдаются активные попытки изменить понимание роли базовых исследований и мотиваций адекватных государственных инвестиций в науку.

По широко принятому представлению, фундаментальные науки, называемые также «чистыми», или базовыми, — это области познания, в которых систематиче-

ские научные исследования направлены на установление и понимание фундаментальных аспектов феноменов [1]. Они служат расширению теоретических, концептуальных представлений и установлению неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира.

По определению ЮНЕСКО — специализированного учреждения Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO), статус фундаментальных исследований присваивается тем разработкам, которые способствуют открытию законов природы, пониманию взаимодействий между явлениями, свойствами и объектами реальной действительности [2, 3]. В федеральном законе России от 23 августа 1996 г. за № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» фундаментальные исследования также определяются как «экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функци-

M.V. Zueva

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation

Fundamental Sciences and Fundamental Medicine

An analytic paper discusses current understanding of the status and the role of fundamental and applied research and specifically of medical science for the socio-economic development of society. The related concept of scientific development is presented; classification and definitions used by UNESCO and other international and national organizations of different countries including the Russian Federation are given. The unique role of medicine science that is mostly related to the category of strategic basic research and is aimed at understanding the fundamental basis of applied ultimate goal is debated. Research is now recognized as a major component of innovation and the key to the development of modern society. Attention is drawn to the fact that future breakthrough technologies grow from today's innovative ideas and achievements of fundamental and applied sciences. The fact that the funding of applied research provides tangible benefits in the short term is determined to be significant. At the same time sustainable public investment in basic research (seemed to be unprofitable) is a crucial factor for the socio-economic development of any country and a reasonable measure in the long term.

Key words: fundamental, basic and applied science, medical science, innovation, social and economic development.

(For citation): Zueva MV. Fundamental Sciences and Fundamental Medicine. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2016;71(1):77–83. doi: 10.15690/vramn624)

онирования и развития человека, общества, окружающей природной среды» [4]. При этом базовые исследования включают все отрасли науки и техники и отличаются тем, что при их выполнении не планируются практические приложения или конкретные конечные продукты [1].

В противоположность фундаментальным наукам прикладные исследования направлены на изучение конкретной проблемы или практическое приложение полученных знаний. Несмотря на то, что в задачи фундаментальной науки не входит быстрое и обязательное практическое использование результатов исследования, в процессе решения базовых проблем закономерно открываются новые возможности и методы решения практических задач. Именно фундаментальные исследования закладывают основу для усовершенствования знаний, которые значительно позднее приводят к прикладным достижениям, иногда в результате неожиданных открытий.

Международный совет по науке (International Council for Science, ICSU) в отчете от декабря 2004 г. официально констатировал, что фундаментальная наука, инновации и развитие теснейшим образом взаимосвязаны, что обуславливает необходимость поддержки фундаментальных исследований и адекватного государственного их финансирования [5]. Сегодня общепризнано, что одни только прикладные исследования не способны обеспечить наилучшую отдачу государственных инвестиций, и долгосрочные устойчивые стратегии финансовых вложений в фундаментальную науку являются критическим фактором, лежащим в основе социально-экономического развития любой страны [6]. Именно поэтому государство, обладающее достаточным научным потенциалом и стремящееся к его развитию, непременно способствует поддержке и развитию фундаментальных исследований, несмотря на то, что они часто не являются рентабельными или становятся таковыми только по истечению времени.

В Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы Российской Федерации [7], в частности, отмечается, что необходимость утверждения этой программы обусловлена «непрерывностью процесса развития фундаментальной науки в мире; необходимостью «...» повышения эффективности использования потенциала фундаментальной науки как стратегической составляющей развития общества и государства в целом».

Другая важная особенность «фундаментальных исследований» отмечена в формулировке, закрепленной Директивой 189 Решения Национальной Безопасности США (NSDD 189), согласно которой к фундаментальным исследованиям относятся «фундаментальные и/или прикладные исследования в области науки и техники, результаты которых свободно публикуются и распространяются в рамках научного сообщества». Чтобы быть квалифицированным как фундаментальное, исследование должно проводиться бесплатно, без каких-либо ограничений в публикациях, доступе к полученным результатам или к их распространению [8, 9]. Исследования, признанные фундаментальными, не подлежат экспортному контролю в соответствии с федеральными правилами [9]. Статус фундаментального исследования теряется, если сотрудник соглашается на любую сделку сторон, позволяющую спонсорам рассматривать и утверждать публикацию или предоставлять им доступ к контролированию проекта или его результатов. Фундаментальные исследования отличаются от частных исследований и промышленных разработок, проектирования, производства и опыта использования продукта, результаты которых обычно ограничены по частным

причинам или конкретным требованиям национальной безопасности, как это определено в § 734 [9, 10].

Хотя прикладная и базовая наука могут тесно переплетаться в научных исследованиях и разработках, прикладную науку часто называют инжинирингом, в то время как базовую — фундаментальной, или «чистой» наукой [11].

Науки разделяют также на категории — фундаментальные, специальные и прикладные. В данном аспекте термин «фундаментальные» подразумевает, что эти науки отличает характеризующий их каузальный или концептуальный приоритет. В аспекте философии науки основой основ всех других базовых наук, называемых специальными, считают фундаментальную физику, а технологии и методики разрабатываются в прикладных науках. Фундаментальная наука затрагивает базовые принципы большинства гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, поскольку эти формы научного познания опираются на системы обобщений, но традиционно фундаментальные исследования соотносят, прежде всего, с естествознанием. Базовые науки, по общепринятому мнению, включают такие естественные, как биология, физиология, химия, геология и даже когнитивные науки.

Медицинские науки и инновационные технологии

Однако нередко из них исключают все медицинские науки, которые относятся к прикладным [11–13]. При этом общей ошибкой является смешение собственно науки и технологии и их использования для медицины [12, 14, 15]. Отмечается, что, хотя они взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга [16, 17], медицина, технология и наука имеют различные журналы, различные цели, культуру, методы, принципы, стандарты и знания [12, 17, 18]. Так, если комитет по Нобелевской премии, начиная с 1901 г., смешивает базовые и прикладные науки в своей ежегодной премии в области «Физиологии или Медицины», то премия старейшего в мире научного Королевского Общества Лондона противопоставляет естественные науки (физические и биологические) и прикладные, к которым относит медицинские науки [19].

Профессор департамента общественного здоровья и общей практики в университете Дублина James McCormick в своей статье «Научная медицина — факт или вымысел?» пишет, что исторически «медицина — не наука и, определенно, не искусство, поскольку первичная функция медицины — социальная». Он отмечает, что наука делает вклад в эти первично социальные функции медицины тремя путями. Во-первых, она увеличивает запас наших знаний. Во-вторых, некоторые из этих знаний могут быть применены для развития технологий, которые обладают существенным влиянием на практику и эффективность медицины. Наконец, наука предлагает медицине способ мышления. Пренебрежение наукой приводит к ятрогенному вреду и трате ресурсов [11].

José Ortega y Gasset, испанский либеральный философ первой половины XX века («философия жизни»), в 1946 г., рассуждая о миссии университета, писал: «Медицина — не наука, но профессия, практическое дело. Отсюда она представляет точку зрения иную, чем наука. Она идет в науку и берет какие-либо результаты исследований, если они представляются эффективными, но оставляет все остальное. Она отставляет в сторону все то, что характеризует науку: культивацию проблем и сомнений» [20]. Между тем сомнения и критическое мышление снижают вероятность ятрогенного вреда [11]. Таким об-

разом, без знаний, которые наука дает медицине, она по-прежнему оставалась бы на уровне медицины древних веков; и, как подчеркивает James McCormick, «без фундамента здорового скептицизма науки практическая медицина не более чем шарлатанство; «...» успешные врачи, отвергающие сомнения (наследие старых традиций), принципиально нечестны» [11].

Обычно прикладные разработки являются логическим продолжением фундаментальных исследований, по отношению к которым они носят вспомогательный характер. Однако следует отметить, что демаркационная линия между базовыми и прикладными исследованиями нечетко очерчена. В реальности они неразрывно переплетены между собой. Большинство научных исследований представляют собой гибрид новой генерации знаний и последующей их практической эксплуатации. Для медицины это переплетение выражено наиболее ярко, и используемое сегодня понятие «фундаментальная медицина» является тому подтверждением. В определенном смысле подобное словосочетание представляется обоснованным, но важно осознавать, что мы в него вкладываем, во избежание семантических недоразумений.

Сегодня стали говорить, что прикладная наука, к которой традиционно относят медицину, «порционно» использует базовую науку для разработки новых терапевтических стратегий с помощью прорывных технологий или устройств, способных изменить события или повлиять на исход заболевания [12]. Но что означает «использовать» базовую науку? Результаты базовых научных исследований, которые включают генерацию новых знаний или развитие новых теорий, не могут быть непосредственно использованы для конкретных клинических ситуаций. Следовательно, «порционные» базовые исследования, проводимые учеными в медицине и для медицины, подразумевают не простое выхватывание фрагментов общих фундаментальных знаний, но выполнение разработок с соблюдением все того же главного критерия фундаментальных наук — поиска истины. Другими словами, они остаются «базовыми», но при этом задачи научных групп ограничены решением актуальных проблем медицины и сужаются до поиска и понимания определенных закономерностей, установления фундаментальных аспектов феноменов, имеющих отношение к патогенезу, диагностике, профилактике и лечению конкретных заболеваний, обладая, однако, как и другие базовые исследования, каузальным или концептуальным приоритетом.

Организация экономической кооперации и развития (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) определяет фундаментальные исследования как предпринимаемые главным образом для приобретения новых знаний, лежащих в основе явлений, без учета их конкретного приложения [5, 21]. Но, по мнению OECD, фундаментальные исследования должны четко отличаться от другой формы базовых исследований, так называемых стратегических исследований, которые в первую очередь направлены на понимание фундаментальных основ прикладной конечной цели. Учитывая это мнение, возможно, исследования, относящиеся к фундаментальной медицине, следует также относить к категории стратегических базовых исследований.

Национальный научно-исследовательский совет Канады подчеркивает, что фундаментальные исследования в одной дисциплине могут быть легко истолкованы как прикладные в другой сфере [21]. Действительно, основные открытия в одной области могут представлять собой практические приложения знаний, существующих в другой области; и на практике фундаментальные исследо-

вания привели к созданию многих важных приложений, которые не предполагались в то время, когда была выполнена эта работа. Два важнейших аспекта фундаментальных исследований, которые невозможно переоценить, но в которые многим политикам и инвесторам трудно поверить, состоят в том, что большинство приложений невозможно предвидеть, и что период между фундаментальным открытием и действительным его применением зачастую гораздо длиннее критериев, обычно используемых инвесторами [21].

Научные исследования являются основным компонентом инновации и ключом к развитию современного общества. Несмотря на то, что фундаментальные исследования не ориентированы на прикладное применение их результатов, многие практические и коммерческие продукты явились результатом фундаментальных исследований [22], хотя могут пройти десятилетия, пока такие приложения выйдут на рынок. Крупнейшие инновации невозможны без предварительной генерации новых знаний, основанных на успехах базовых наук; и при замедлении фундаментальных исследований неизбежно перекрываются пути для будущих инноваций [2, 6]. Именно поэтому фокусирование исключительного внимания на практических приложениях может обеспечить выгоду в краткосрочной перспективе, но игнорирование фундаментальных исследований грозит серьезными потерями в долгосрочной перспективе. Большинство экономистов сегодня признают, что помимо будущего ощутимого возврата инвестиций имеются значительные положительные социальные последствия фундаментальных исследований, укрепляющие связь между наукой и обществом [6].

Существует значительный разрыв между пониманием роли науки среди финансирующих ее организаций и среди самих ученых. С течением времени концепции о базовых и прикладных исследованиях для ученых не изменились. Однако оценка аналитиков констатирует, что государственная концепция о базовых науках во многих странах претерпела изменения, что привело к ухудшению ситуации по ее финансированию [23]. Структура программы научных исследований в Европейском сообществе усиливается национальными тенденциями в разных странах, причем в возрастающей степени связь между наукой и промышленностью форсируется третьей стороной — правительством [5, 23, 24]. Мотивации для инвестиций, которые отталкиваются от классического определения базовой науки как науки «для знаний» — слишком слабы и неубедительны для обоснования адекватного ее финансирования.

Более того, фундаментальные исследования часто критиковали как являющиеся бесполезными или даже расточительными [22]. Их образно описывают как «движимые любопытством» [21], поскольку они отражают стремление к новым знаниям и изучению неизведанного. Как таковая фундаментальная наука иногда воспринимается как ненужная роскошь, которую можно просто заменить прикладными исследованиями для непосредственного удовлетворения неотложных нужд.

В справочном документе, подготовленном в Центре исследований научно-технических стратегий Сассекского университета (Science and Technology Policy Research, SPRU; Великобритания) для Совещания в Осло по «политической востребованности и измерению фундаментальных исследований» (Workshop on Policy Relevance and Measurement of Basic Research, Oslo 29–30 October 2001) [24], констатируется, что «аргументы, основанные на определении науки, как ‘знания ради самого знания’, почти с определенностью приведут к значительному со-

крашению финансирования базовой науки». Поэтому SPRU не рекомендует использовать для обоснования финансирования науки этот аргумент, который просто подчеркивает существующее определение базовой науки и ничего не говорит о ее действительной значимости для общества.

Декларируется необходимость изменить отношение политологов к ученым и не отделять базовые исследования от прикладных исследований: «Следует расширить понимание того, что прогрессу в базовых исследованиях часто способствует необходимость решения сложных проблем, поставленных промышленностью; и, наоборот: успехам в решении важнейших практических вопросов и техническому прогрессу способствуют глубокие фундаментальные исследования. Должно резко измениться понимание путей науки и ее стратегической роли в развитии общества, его здоровья и социально-экономического благополучия» [23].

Signe Kjelstrup, профессор департамента химии факультета химии и биологии Норвежского университета науки и техники в Тронхейме, анализируя стратегию науки, подчеркивает, что сегодня градуально возрастает давление на исследовательские группы с требованием больше выдавать практических результатов. Он отмечает: «Это давление заставляет выполнять удобные исследования, отфильтровывая и отбрасывая серьезные проблемы, требующие долгосрочного изучения и решения. «...» Каждый понимает, что нельзя требовать того же от искусства, но работа в науке не очень отличается от искусства. Невозможно форсировать развитие науки каким бы то ни было способом. Это может сделать только вдохновение. Выбор особенного типа решаемых проблем, базовых или прикладных, предпочтение только одного из них приведет в долгосрочной перспективе к снижению качества. Стратегические программы без значительной степени свободы научных исследований не способны принимать в расчет механизмы науки. Проблемы без глубины дают ответы без глубины. Научная политика должна быть таковой, чтобы сохранять таланты в науке, а для этого ученые должны чувствовать свою важность и понимать, что их ценят» [23].

Многие проекты фундаментальной науки, например, в офтальмологии, направлены на лучшее понимание структуры и функции зрительной системы человека в норме и патологии с последующей трансляцией новых знаний в клиническую практику и созданием клинически полезных тестов и методов. Все это входит в задачи медицинской науки, включающей стратегические базовые исследования [5, 21].

В последние годы появился ставший популярным термин «трансляционные» исследования, который подразумевает базовые изыскания, исследовательская стратегия которых наиболее тесно ориентирована на пациента, то есть научные достижения максимально быстро конвертируются на пользу пациенту [25]. Трансляционные исследования в различных научно-исследовательских медицинских учреждениях мира составляют разную (как правило, небольшую) долю от общего объема научных исследований учреждения. Они привлекают особое внимание финансирующих структур, но вряд ли целесообразно стремиться к их доминированию в общей исследовательской стратегии. Трансляционные исследования действительно имеют колоссальное значение для медицинской науки и клинической практики. К ним главным образом относят научные проекты — промежуточные звенья от базовых исследований к фундаментальным, опосредующие ускоренную реализацию уже имеющихся

в мире достижений фундаментальных наук. Однако они эффективно работают на ближайшее будущее, но не могут заместить неопределимый вклад в будущие инновации более долгосрочных фундаментальных научных проектов, также требующих внимания и инвестиций.

С другой стороны, к трансляционным исследованиям следует относить также научные проекты с относительно коротким интервалом между новоизложенной научной теорией и практическим результатом: «инновационная идея — научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы — фундаментальные научно-исследовательские работы — прикладные научно-исследовательские работы — новая технология». По-видимому, подобные исследования будут наиболее нуждаться в финансовой и организационной государственной поддержке, которая в значительной степени зависит от понимания того, что научные открытия не поддаются планированию, и невозможно гарантировать успех научной гипотезы без ее испытаний и детального поиска истины.

Думаю, нелогичным будет ожидать появления будущих прорывных технологий, если, боясь вполне вероятных неудач, отказываться в поддержке новым, еще не проверенным идеям и гипотезам и пилотным исследованиям, которые именно сегодня наиболее в этой поддержке нуждаются. Очевидно, что завтрашние прорывные технологии вырастают из сегодняшних инновационных идей и из достижений фундаментальных и прикладных наук, использующих эти идеи.

Еще один интересный аспект освещается в недавней публикации [26], где анализируется роль фундаментальных наук в развитии прорывных изобретений в фармацевтической промышленности. Анализ показал, что инновационная деятельность в фарминдустрии характеризуется высокой частотой неудач и большой стоимостью разработок. Этот факт определяет формирование такой системы управления, которая должна форсировать развитие прорывных методов диагностики и терапии [27]. С другой стороны, именно достижения фундаментальных наук и открытия новых лекарств являются важнейшим источником инноваций в фармацевтической индустрии [28, 29]. Сегодня происходит процесс постоянного усиления связи между мощностью фундаментальной науки и открытием лекарств, который сопровождается сдвигом от «случайного скрининга» соединений к методам т.н. «информированного» открытия, питаемого научным знанием [30, 31]. Сопоставив многие факты, A.D. Malva и коллеги [26] обнаружили, что прорывные изобретения наиболее вероятно создаются в тех фирмах, которые тесно следуют за достижениями фундаментальных наук. Однако возрастание объема базовых исследований в научных дисциплинах, связанных с конкретной технологической проблемой, не повышает вероятность прорывных изобретений в этой области. Авторы объясняют этот парадокс тем, что прорывные изобретения появляются в результате повышения мощности фундаментальных исследований в других (смежных) областях научных знаний и технологий, и представляют науку как своеобразную карту, в которой широко перекрываются процессы локального поиска для конкретных НИР и НИОКР, что обеспечивает более обширное применение научных знаний.

Аналогичную мысль о важности более широкой поддержки научных исследований, не ограниченной решением узкой технической задачи, развивал Джером Карле (Jerome Karle), лауреат Нобелевской премии по химии 1985 года. Обсуждая вопрос о будущем науки, технологий и общества, он отметил несколько важных моментов [32], которые ниже процитированы почти дословно:

- «1. Признавая экономические выгоды, вытекающие из разработки новых, успешных технологий, правительствами разных стран предпринимаются попытки прямых исследований, проводимых при государственной финансовой поддержке по конкретным направлениям, которые воспринимаются в качестве национальных приоритетов. Это контрастирует с общепринятым представлением о фундаментальных исследованиях как «движимых любопытством».
2. Взгляды ученых, известных экономистов, некоторых промышленных лидеров и редакционных комментариев в прославленных научных журналах дают очень убедительные свидетельства того, что правительственное управление целенаправленными исследованиями избобилует неопределенностями и подводными камнями и, хотя оно хорошо мотивировано, может нанести серьезный ущерб научной культуре. Это, конечно, противоречило бы первоначальной цели государства, так как неопровержимые факты хорошо документируют совместную эволюцию науки и общества.
3. Сильные аргументы представлены отдельными лицами и группами, которые поддерживают существующую систему государственного финансирования очень широкого (а не узконаправленного — авт.) круга научных исследований, чтобы широта этих исследований была настолько близка к оптимальной с учетом национальных приоритетов, насколько это возможно. Никто не может предсказать с уверенностью, какие наиболее успешные изобретения и технологии появятся в будущем. Но отмечается важность правительственного участия (в этом вопросе) для обеспечения высоких доходов экономики.
4. В какой-то мере фундаментальные научные исследования вносят монументальный вклад в технологии и национальные приоритеты. Существует связь между фундаментальными исследованиями и развитием новых будущих и современных технологий».

Джером Карле выражает уверенность в том, что наука и общество будут продолжать сотрудничество в своем развитии, и характер этой эволюции будет зависеть от приоритетов финансирования, которые устанавливает правительство. По мнению Нобелевского лауреата, «общества, чьи правительства признают зависимость развития новых успешных технологий от широкой государственной поддержки фундаментальных исследований, более вероятно будут более здоровыми и экономически процветающими в будущем, чем те, которые этого не делают. Из-за непредсказуемости деталей новой науки и техники, которые будут развиваться, подробности социальной эволюции также являются непредсказуемыми».

Мне представляется также чрезвычайно важным отметить тот факт, что для осущетвления развития российской медицинской науки и отечественного здравоохранения среди других важных мер, вероятно, недостаточно только стремиться плыть в фарватере признанных инновационными мировыми тенденций биомедицинских исследований. Чтобы занять достойное место в мировой медицинской науке, мало только «догонять» и держаться на уровне мировых достижений, активно используя известные прорывные технологии, уже широко разрабатываемые в других странах. Отслеживание мировых тенденций действительно необходимо, но «не отставать», по-видимому, — не та задача, которая поможет кардинально решить проблему поднятия имиджа отечественной медицинской науки. Намного важнее и перспективнее для будущего России — поддерживать собственные прорывные технологии

и инновации, приоритет которых будет принадлежать России, если ростки этих инноваций не заглохнут, но будут поддержаны и развиты с помощью государственной политики.

Необходимо отметить также, что в области фундаментальной медицины сегодня еще остается тенденция ограничивать задачи базовых исследований только изучением патогенеза, при этом она не представляется обоснованной, так же как и тенденция адресовать исследования патогенеза исключительно к молекулярно-генетическим аспектам.

Патогенез определяют как совокупность последовательных процессов, определяющих механизмы возникновения и течения болезни. Несомненно, в этом аспекте молекулярно-генетические исследования имеют первостепенное значение, и успех именно в этой области, как ожидается, будет наиболее вероятным плацдармом будущих прорывных технологий и открытий в медицине. Однако патогенез также включает в себя множество взаимосвязанных процессов, происходящих в организме (физиологические, биохимические, морфологические, иммунологические и т.д.), которые развиваются после воздействия этиологического фактора. Специфические проявления заболеваний изучаются на всех уровнях — от молекулярных, клеточных, функциональных нарушений до организма в целом, и даже на поведенческом уровне.

Изучение функциональных аспектов патогенеза глазных заболеваний, в частности, представляет одну из важнейших проблем фундаментальной офтальмологии. Современные технологии структурной и функциональной нейровизуализации и клинической электрофизиологии зрения способствуют значительному расширению наших представлений о закономерностях функционирования зрительной системы в норме, включая ее развитие и старение, которые служат базисом для понимания механизмов патологии сетчатки, зрительных путей и центров и выявления новых неинвазивных и высокочувствительных маркеров нейродегенерации [33, 34].

В конечном счете, функции мозга опосредуются взаимодействием между нервными клетками (сетевыми процессами), которые невозможно объяснить исключительно с позиций молекулярно-генетических и биохимических изменений. И проявлением таких взаимодействий, в частности, является изменение электрических свойств клеток [34], которое отражается на электрофизиологических ответах отдельных нейронов, локальных нейронных сетей, массивных нейронных ансамблей и синхронизации их активности в различных участках коры головного мозга.

Заключение

Таким образом, базисные научные исследования признаются сегодня основным компонентом инноваций и ключом к развитию современного общества. Особая роль медицинской науки состоит в понимании фундаментальных основ прикладной конечной цели. Существует тесная связь между мощностью фундаментальных исследований и развитием инновационных технологий. Плодотворность сотрудничества науки и общества, их взаимозависимая эволюция и успешность развития новых прорывных технологий будет зависеть от приоритетов финансирования, установленных государственными структурами и определяемой ими степенью государственной поддержки фундаментальных исследований. Устой-

чивые государственные инвестиции в кажущиеся нерентабельными фундаментальные исследования служат фактором, критически важным для социально-экономического развития любой страны и целесообразны в долгосрочной перспективе.

Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи, о которых следует сообщить.

ЛИТЕРАТУРА

1. What is basic research? National Science Foundation (NSF). Third Annual Report [Internet]. Retrieved 2014-05-31 [cited 2016 Jan 13]. Available from: http://www.nsf.gov/pubs/1953/annualreports/ar_1953_sec6.pdf
2. International Basic Sciences Programme: Harnessing cooperation for capacity building in science and the use of scientific knowledge. IBSP: What it is, what is it does. UNESCO Natural Sciences Sector Division of Basic and Engineering Sciences. Issue 1. Paris; 2008. Available from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001627/162712e.pdf>
3. Доклад научного совета международной программы по фундаментальным наукам. Акты Генеральной Конференции 36-й сессии [интернет]. Париж; 2011 [доступ от 13.01.2016]. Доступ по ссылке: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002118/211887r.pdf>. [Doklad nauchnogo soveta mezhdunarodnoy programmy po fundamental'nyim naukam. Akty General'noy Konferentsii 36-y sessii [internet]. Paris; 2011 [Access on 13.01.2016]. Available on URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002118/211887r.pdf>. (in Russ)]
4. Федеральный закон Российской Федерации № 127-ФЗ от 23 августа 1996 г. «О науке и государственной научно-технической политике». [Federal Law of the Russian Federation № 127-FZ of 21 August 1996. «O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoi politike». (In Russ).] Доступно по ссылке: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/. Ссылка активна на 13.01.2016.
5. The Value of Basic Scientific Research [Internet]. The International Council for Science Statement. ICSU. 2004 [cited 2016 Jan 13]. Available from: http://www.icsu.org/publications/icsu-position-statements/value-scientific-research/549_DD_FILE_Basic_Sciences_12-04.pdf
6. Petit JC. Why do we need fundamental research? *Eur Rev*. 2004;12(2):191–207. doi: 10.1017/s1062798704000195.
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2237-р от 3 декабря 2012 г. «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг.». [Government Executive Order of the Russian Federation № 2237-r of 3 December 2012. «Ob utverzhdenii Programmy fundamental'nykh nauchnykh issledovaniy gosudarstvennykh akademii nauk na 2013–2020». (In Russ).]
8. National Security Decision Directive 189 (NSDD 189) [Internet]. National Policy on the Transfer of Scientific, Technical and Engineering Information. 1985 [cited 2016 Jan 13]. Available from: http://itlaw.wikia.com/wiki/National_Security_Decision_Directive_189
9. 15 CFR 734.8 – Information resulting from fundamental research. Legal Information Institute, Cornell University Law School [cited 2016 Jan 13]. Available from: <http://www.law.cornell.edu/cfr/text/15/734.8>.
10. Part 734 – Scope of the Export Administration Regulations. 2014 [cited 2016 Jan 13]. Available from: https://www.bis.doc.gov/index.php/forms-documents/doc_view/412-part-734-scope-of-the-export-administration-regulations.
11. McCormick J. Scientific medicine — fact or fiction? The contribution of science to medicine. *Occas Pap R Coll Gen Pract*. 2001;80:3–6.
12. Davis B. The scientist's world. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2000;64(1):1–12. doi: 10.1128/MMBR.64.1.1-12.2000.
13. Fincher R-ME, Wallach PM, Richardson WS. Basic Science Right, Not Basic Science Lite: Medical Education at a Crossroad. *J Gen Intern Med*. 2009;24(11):1255–1258. doi: 10.1007/s11606-009-1109-3.
14. Eisenberg L. Science in medicine: Too much or too little and too limited in scope? *Am J Med*. 1988;84(3 Pt. 1):483–491. doi: 10.1016/0002-9343(88)90270-7.
15. Clarke JN, Arnold S, Everest M, et al. The paradoxical reliance on allopathic medicine and positivist science among skeptical audiences. *Soc Sci Med*. 2007;64(1):164–173. doi: 10.1016/j.socscimed.2006.08.038.
16. Bayertz K, Nevers P. Biology as technology. *Clio Med*. 1998;48:108–132.
17. Pickstone JV, Worboys M. Focus: Between and beyond «Histories of science» and «Histories of medicine». *Isis*. 2011;102(1):97–101. doi: 10.1086/658658.
18. King LS. Medicine in the USA: Historical vignettes: XI: Medicine seeks to be 'scientific'. *JAMA*. 1983;249(18):2475–2479. doi: 10.1001/jama.249.18.2475.
19. Marshall T. Scientific knowledge in medicine: A new clinical epistemology? *J Eval Clin Pract*. 1997;3(2):133–138. doi: 10.1046/j.1365-2753.1997.00075.x.
20. Ortega y Gasset J. *The Mission of the University*. London: Kegan Paul; 1946.
21. dos Remedios C. *The Value of Fundamental Research*. Sydney: The University of Sydney; 2006.
22. Guimaraes F. *Research: Anyone Can Do It*. Mainz: Pedia Press; 2011. 343 p.
23. Kjelstrup S. Basic and applied research in the university — have they changed? OECD Workshop on basic research: policy relevant definitions and measurement [Internet]. Oslo; 2001 [cited 2016 Jan 13]. Available from: <http://www.oecd.org/science/sci-tech/2674543.pdf>
24. Calvert J, Martin BR. Changing conceptions of basic research? SPRU — Science and Technology Policy Research. Background Document for the Workshop on Policy Relevance and Measurement of Basic Research [Internet]. Oslo; 2001 [cited 2016 Jan 13]. Available from: <http://www.oecd.org/science/sci-tech/2674369.pdf> A Vision for Vision. NIHR Biomedical Research Centre for Ophthalmology [Internet]. Moorfields Eye Hospital NHS Foundation Trust and UCL Institute of Ophthalmology. 2010 [cited 2016 Jan 13]. Available from: www.nihr.ac.uk/about/Pages/about_transforming_health_research_video.aspx.
25. Della Malva A, Kechtermans S, Leten B, et al. Basic science as a prescription for breakthrough inventions in the pharmaceutical industry. *J Technol Transf*. 2015;40:670–695. doi: 10.1007/s10961-014-9362-y.
26. Munos BH, Chin WW. How to Revive Breakthrough Innovation in the Pharmaceutical Industry. *Science translational medicine*. 2011;3(89):89cm16. doi: 10.1126/scitranslmed.3002273.
27. Narin F, Hamilton K, Olivastro D. The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy*. 1997;26:317–330. doi: 10.1016/s0048-7333(97)00013-9.
28. Cockburn I, Henderson R. Absorptive capacity, coauthoring behavior, and the organization of research in drug discovery. *J Ind Econ*. 1998;46(2):157–182. doi: 10.1111/1467-6451.00067.

29. Teece DJ, Pisano G, Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strat Mgmt J.* 1997;18(7):509–533. doi: 10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z.
30. Lim K. The relationship between research and innovation in the semiconductor and pharmaceutical industries (1981-1997). *Research Policy.* 2004;33:287–321. doi: 10.1016/j.respol.2003.08.001.
31. Karle J. *The Role of Science and Technology in Future Design* [Internet]. Nobel Media AB; 2014. [cited 2016 Jan 13]. Available from: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/chemistry/karle/
32. Нероев В.В., Зуева М.В., Катаргина Л.А. Прорывные технологии в офтальмологии: фундаментальные науки в решении проблем патологии сетчатки и зрительного нерва // *Российский офтальмологический журнал.* — 2013. — Т.6. — №2. С. 4–8. [Neroev VV, Zueva MV, Katargina LA. Breakthrough technologies in ophthalmology: fundamental sciences helping to solve the problems of retinal and optic nerve pathologies. *Rossiiskii oftal'mologicheskii zhurnal.* 2013;6(2):4–8. (In Russ).]
33. Зуева М.В. Фундаментальная офтальмология: роль электрофизиологических исследований // *Вестник офтальмологии.* — 2014. — Т. 130. — №6. — С. 28–36. [Zueva MV. Fundamental ophthalmology: the role of electrophysiological studies. *Vestnik oftal'mologii.* 2013;130(6):28–36. (In Russ).]
34. Lambe EK, Aghajanian GK. *Using Basic Electrophysiology to Understand the Neurobiology of Mental Illness.* NY: Oxford University Press; 2011.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Зуева Марина Владимировна, доктор биологических наук, профессор, начальник отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России
Адрес: 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19, **тел.:** +7 (916) 576-23-59, **e-mail:** visionlab@yandex.ru