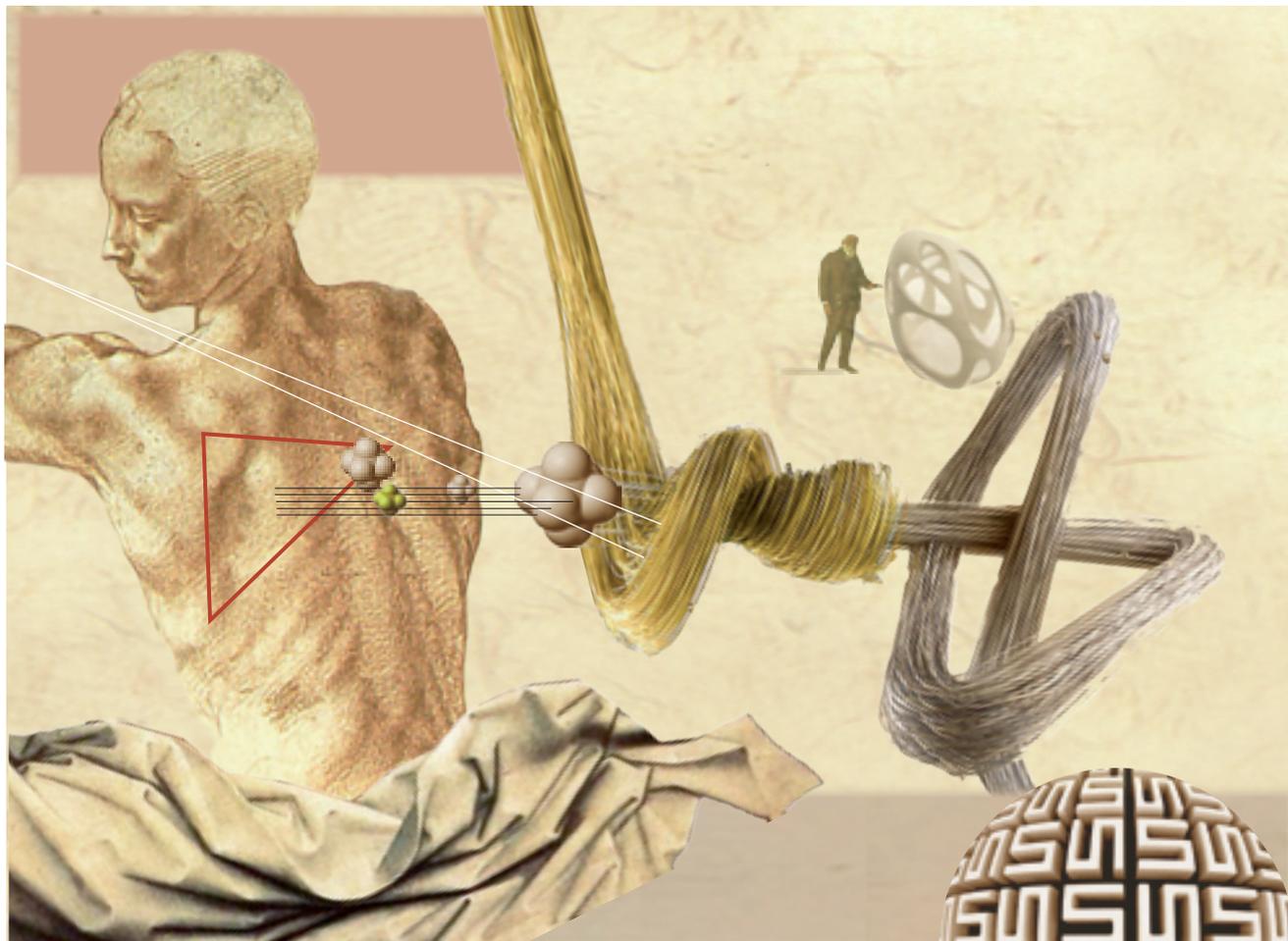


# Медицина будущего: возможности для прорыва сквозь призму технологического прогноза<sup>1</sup>

И.П. Каминский\*, Л.М. Огородова\*\*, М.В. Патрушев\*\*\*, А.А. Чулок\*\*\*\*



Медицина и здравоохранение во многих странах рассматриваются как одна из приоритетных сфер развития. Ключевой тренд в данном направлении — поиск перспективных возможностей в социальной (борьба со сложными заболеваниями) и в экономической (создание исследовательских заделов и технологий, позволяющих закрепиться на глобальных рынках) сферах.

В основу статьи положено исследование, проведенное НИУ ВШЭ совместно с организациями — членами технологической платформы «Медицина будущего». Выявлены базовые тенденции, научно-технологические области, которые определяют облик медицины в средне- и долгосрочной перспективе, и разработки, обеспечивающие интеграцию в мировые рынки. Несмотря на отсутствие в России потенциала в ряде сегментов, отдельные достижения все же дают шанс для прорыва. Однако времени осталось немного: по оценкам, сохраняющиеся возможности будут актуальны еще на протяжении 5–7 лет, а значит — действовать предстоит безотлагательно.

\* Каминский Илья Петрович — директор отраслевого центра прогнозирования, Сибирский государственный медицинский университет. E-mail: medicff@yandex.ru

Адрес: 634050, Томск, Московский тракт, 2.

\*\* Огородова Людмила Михайловна — заместитель председателя комитета Государственной Думы по науке и наукоёмким технологиям, председатель Технологической платформы «Медицина будущего». E-mail: lm-ogorodova@mail.ru

Адрес: 103265, Москва, ул. Охотный Ряд, 1.

\*\*\* Патрушев Максим Владимирович — заведующий Лабораторией геномных и протеомных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта. E-mail: maxpatrushev@gmail.com

Адрес: 236041, Калининград, ул. А. Невского, 14.

\*\*\*\* Чулок Александр Александрович — заведующий отделом научно-технического прогнозирования, Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. E-mail: achulok@hse.ru

Адрес: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, Мясницкая ул., 20.

## Ключевые слова

глобальные вызовы; долгосрочный прогноз; медицина и здравоохранение; приоритетные направления; научно-технический задел; научно-техническая политика; инновационные продукты

<sup>1</sup> Статья подготовлена в рамках разработки долгосрочного прогноза развития науки и технологий в Российской Федерации на период до 2030 г. по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации.

В последнее десятилетие акценты научно-технической и инновационной политики в развитых странах претерпевают существенные изменения. На первый план выдвигаются задачи устранения разрыва между спросом и предложением, усиления ориентации исследований на радикальные инновации, способные обеспечить фундамент для будущего экономического роста [OECD, 2010]. Связанный с этим переход от тематических приоритетов научно-технологической политики к проблемно-ориентированным, в свою очередь, предполагает поиск ответов на вопрос «Что нужно для...?» наряду с вопросом «Что будет, если...?» [Chaminade, Edquist, 2006; Bergék et al. 2008; Georghiou, 2011; Guinet, 2011; Edquist, 2011].

В этих условиях актуальным становится выявление текущих и перспективных глобальных тенденций, способных влиять на развитие соответствующих сфер в будущем, создавать угрозы либо открывать «окна возможностей».

Само понятие вызова (challenge) в контексте рассмотрения той или иной проблемы использовалось учеными свыше ста лет тому назад, в частности математиками при формировании «повестки» задач, определяющих будущий облик науки<sup>2</sup>. К наиболее характерным признакам тренда в современной литературе относят «долгосрочность», «упорядоченность» и «влияние» [European Commission, 2012]. В рамках нашего исследования под трендом понимается актуальное, прорывное, активно развивающееся направление, способное существенно влиять на развитие соответствующих тематических областей в экономической, социальной, экологической, технологической и научной сферах.

С теоретической точки зрения, использование этого термина для выбора научно-технологических приоритетов не должно представлять сложностей: следует определить набор вызовов для рассматриваемого объекта (научного направления, сектора экономики, компании) и «подобрать» под него адекватный пакет решений. Однако на практике подобный подход сталкивается с рядом системных проблем. Во-первых, это — степень детализации вызова. Многие исследователи предлагают либо слишком обобщенные формулировки (например, «Истощение природных ресурсов», «Глобализация»), либо чрезмерно конкретизированные, что сильно снижает их операциональность. Вторая проблема связана с определением научно-технологических ответов, которые также не должны ни выглядеть слишком масштабными, охватывая весьма крупные направления (например, «Нанотехнологии», «Биоматериалы» и т. п.), ни ограничиваться отдельно взятой узкой научной задачей. Наконец, даже если уровни иерархии вызовов и ответов сопоставимы, остается вопрос критериев и условий, в соответствии с которыми необходимо выбирать приоритеты. Как правило, большинство из них связаны с вкладом в социально-экономическое развитие страны, выходом на новые рынки, созданием научно-технических заделов и решением крупных исследовательских проблем.

Указанные ограничения во многом повлияли на то, что задача исследования, представленного в настоящей статье, была сформулирована в виде следующей гипотезы: существует практическая возможность построить матрицу «вызов — ответ» для выбора приоритетов научно-технологического развития. В рамках проверки этой гипотезы мы предполагаем, что облик экономики и общества формируется ограниченным числом ключевых технологий и продуктов, и их можно определить эмпирически. Гипотеза тестировалась рядом зарубежных специалистов по отдельным секторам и сегментам рынков, например при оценке перспектив применения нанотехнологий для ответа на такие глобальные вызовы, как «Стареющее население», «Устойчивое питание и окружающая среда», «Экономика, основанная на новых видах энергии» и др. [European Commission, 2011]. Проект «Технологический радар» (Technology Radar) компании ThoughtWorks также направлен на идентификацию критических технологий и возможных областей их применения [ThoughtWorks, 2012].

Корпорация RAND представила результаты оценки научно-технологических и социально-экономических перспектив развития мирового сообщества на период до 2020 г., в том числе с использованием матриц «вызов — ответ» [RAND, 2006]. Были проанализированы движущие силы современного инновационного процесса и препятствия на его пути, рассмотрены приоритеты научно-технологического развития различных стран.

Проект Университета Манчестера (University of Manchester) был нацелен на выявление внутренних вызовов для британской системы здравоохранения и поиск соответствующих ответов [Saritas, Keenan, 2004].

Среди российских исследований отметим анализ перспектив развития российского рынка нанотехнологий, в рамках которого определены драйверы, влияющие на развитие отдельных его сегментов и их масштабы; возникающие продукты и технологии [Карасев, Соколов, 2009; Соколов и др., 2009; Вишневский, Карасев, 2010].

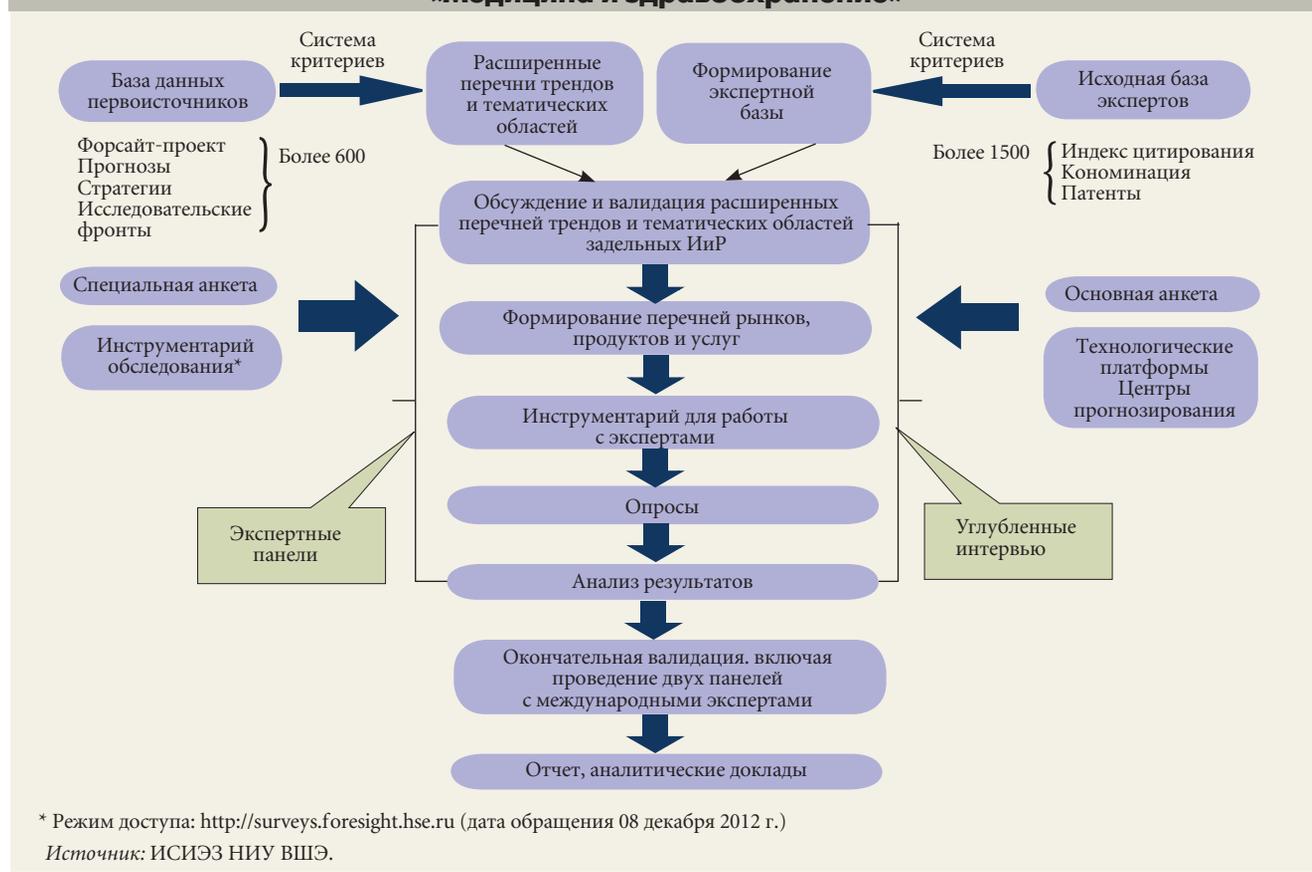
В настоящей статье в качестве объекта исследования выбрано приоритетное направление научно-технологического развития «Медицина и здравоохранение», что обусловлено его очевидным вкладом в такой индикатор социально-экономического прогресса, как повышение качества и продолжительности жизни населения. Для проверки выдвинутой нами гипотезы разработана методология, базирующаяся на следующих принципах: совмещение количественных и качественных подходов к выявлению трендов; итеративная валидация данных в экспертной среде; ориентация на поддержку управленческих решений в рамках мер инновационной и научно-технической политики<sup>3</sup>.

Выбор приоритетов для рассматриваемой сферы непосредственно связан с выявлением научно-технологических заделов в конкретных тематических областях, которые составят повестку развития науки и технологий в кратко- и среднесрочной перспективе.

<sup>2</sup> Вспомним, например, двадцать три проблемы Гильберта [Боллбрух, 1999], гипотезы А. Пуанкаре и др.

<sup>3</sup> Методы, применяемые в рамках долгосрочного прогноза научно-технологического развития, подробно описаны в работе [Соколов, Чулок, 2012].

Рис. 1. Алгоритм проверки гипотезы для приоритетного направления «Медицина и здравоохранение»



На рис. 1 представлены ключевые шаги нашего исследования: от формирования расширенного перечня вызовов (более 50) и тематических областей (свыше 100) до валидации полученных результатов.

Вовлечение стейкхолдеров в процессы выбора приоритетов является залогом их дальнейшей успешной реализации. Поэтому полученные нами выводы были предложены для широкого обсуждения на разных коммуникационных площадках, в числе которых экспертные группы по подготовке государственной программы «Развитие науки и технологий на период до 2020 года», рабочие комитеты технологической платформы «Медицина будущего», научные сессии с участием бизнеса и зарубежных специалистов в Сколковском институте науки и технологий, международные и российские конференции. Общее число участников экспертных дискуссий превысило 300 человек, среди них были многие видные ученые мирового уровня.

Ниже рассмотрены современное состояние приоритетного направления «Медицина и здравоохранение» в России и мире, глобальные вызовы в этой сфере и «окна возможностей», которые могут дать максимальные эффекты в средне- и долгосрочной перспективе.

### Состояние приоритетного направления «Медицина и здравоохранение» в России и мире: глобальные вызовы и научно-технологические направления

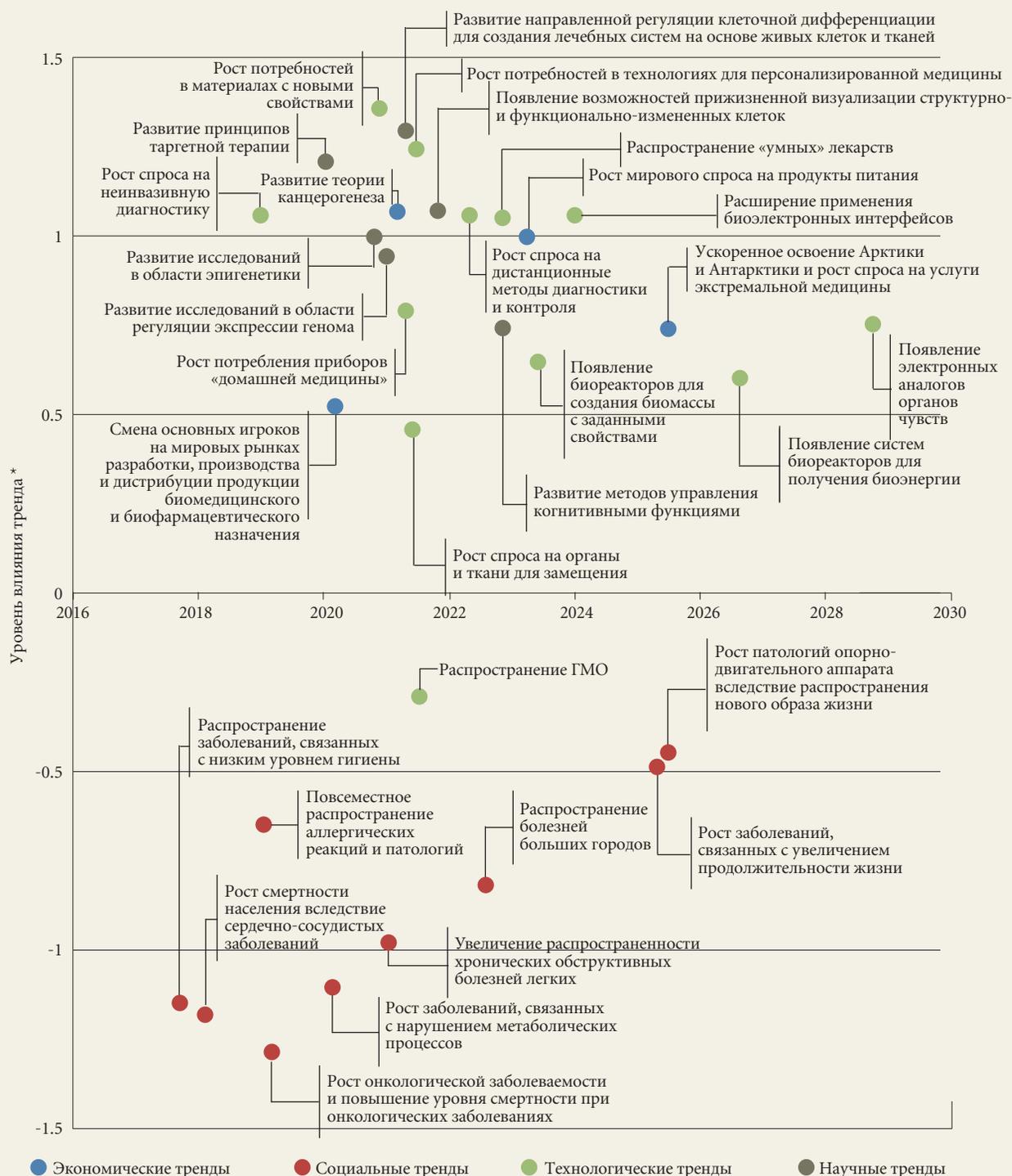
Повышение качества и продолжительности жизни населения России является одной из главных задач государственной политики, основным индикатором эффективности стратегического развития страны.

Несмотря на усилия последних лет, средняя продолжительность жизни остается низкой (66,4 лет), отставая от европейского значения на 12 лет. По этому показателю в 2011 г. наша страна занимала 147-е место в мире [CIA, 2011]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), она входит в число 18 государств, где население убывает [WHO, 2012]. Сложившаяся ситуация во многом связана с низким уровнем технологической базы отечественного здравоохранения. Сегодня темпы отставания здесь выше, чем в других секторах.

В результате проведенных нами исследований были выделены важнейшие глобальные тренды в данной области, каждый из которых может создавать для России как угрозы, так и перспективные возможности (рис. 2).

Глобальные вызовы связаны с недостаточным уровнем научно-технологического развития в таких направлениях, как онкология, сердечно-сосудистые и инфекционные патологии, а также неспособностью мировой науки противостоять старению населения, широкому распространению заболеваний метаболического характера и болезней мозга. Развитие рынка ассоциировано с потребностью в доступных способах лечения и диагностики, базирующихся, в том числе, на технологиях персонифицированной медицины, неинвазивных надежных экспресс-технологиях мониторинга в домашних условиях, дистанционных методах получения медицинских услуг, характеризующихся профилактической направленностью, безопасностью, высокой эффективностью. Сформировался спрос на поддержание качества жизни, особенно в случае утраченной функции, органа или его части.

Рис. 2. **Глобальные тренды социально-экономического и научно-технологического развития приоритетного направления «Медицина и здравоохранение»**



\* Положительные значения на вертикальной шкале характеризуют степень позитивного влияния тренда на Россию, отрицательные — негативного.

Источник: расчеты авторов по данным экспертных опросов.

Возможности России включиться в эти масштабные изменения или даже занять лидирующие позиции в некоторых сферах во многом определяются уровнем научно-технологических разработок, что отмечалось еще в рамках первого цикла долгосрочного прогноза [Пономарев и др., 2008]. По экспертным оценкам, наиболее актуален потенциал в области фундаментальной биологии, цель которой — интегрировать имеющиеся знания в области живых си-

стем и вывести биомедицинские разработки на новый технологический уровень.

Заделы на базе биоинформационных, постгеномных и протеомных технологий предоставят практическому здравоохранению такой инструмент, как персонализация терапевтического воздействия. Индивидуализированная медицина подразумевает назначение подходящего лекарства отдельному больному исходя из специфики его организма и особенностей

заболевания. Планируется, что не менее половины новых препаратов, которые выйдут на мировой рынок к 2015 г., будут иметь специализированные фармакогенетические характеристики.

Ключевым вектором исследований и разработок (ИиР) на глобальной арене сегодня стали технологии регенеративной медицины. Первые результаты регенерации органов человека обнадеживают, позволяя решать проблемы лечения многих заболеваний, включая болезни мозга, опорно-двигательного аппарата, онкологию.

В области создания новых — биodeградируемых — материалов для медицины на основе градиентной керамики, медицинского текстиля с уникальными терапевтическими свойствами отечественная наука могла бы стать конкурентоспособной на глобальном пространстве, поэтому здесь следует наращивать потенциал. Для закрепления конкурентных преимуществ следует поддерживать центры трансляционной медицины, где получают развитие доклинические методы исследования и технологии. Инновационная фармацевтика (биотехнологии, химический синтез, направленное терапевтическое воздействие, современные эффективные вакцины) позволит нарастить конкурентоспособность и обеспечить требуемое качество жизни.

Важным является формирование полного комплекса межотраслевых технологий (нано-био-инфо-когни) с последующим изменением траектории развития. Научные и практические результаты необходимы по таким направлениям, как биосовместимые биополи-

мерные материалы, самостерилизующиеся поверхности; тест-системы на основе геномных и пост-геномных технологий диагностики рака, инфекционных и наследственных заболеваний; биосенсоры для клинической диагностики с использованием новых типов устройств; технологии оперативной идентификации токсических веществ и патогенов.

В прогнозируемом периоде ожидаются выявление фундаментальных механизмов образования злокачественных опухолей; внедрение в лечебную практику методов раннего дифференциального диагностирования рака, технологий автоматизации индивидуального генетического тестирования, иммунной и геномной терапии лейкозов, лимфом, отдельных видов рака.

Потенциал рассматриваемых тематических областей с позиций порождаемых ими ответов на указанные вызовы оценивался экспертами по-разному (рис. 3). Наивысшие баллы получили такие сферы, как разработка фармакологических препаратов нового поколения; поиск перспективных лекарственных кандидатов на основе установления молекулярных фармакологических мишеней; молекулярная диагностика для профилактической и персонализированной медицины; протеомное профилирование человека. Биоэлектродинамика, лучевая медицина и иммунобиотехнологии были отмечены как не столь значимые.

Часть тематических областей представляют «медицину болезни»: они нацелены на обеспечение качества жизни в условиях увеличения ее продолжительности (создание препаратов нового поколения; поиск перспек-

Рис. 3. Значимость тематических областей в сфере медицины и здравоохранения для ответа на ключевые вызовы в период до 2030 года (оценки в баллах)



Источник: расчеты авторов по данным экспертных опросов.

тивных лекарственных кандидатов; биodeградируемые и композитные материалы медицинского назначения). Другие формируют технологическую основу для «медицины здоровья» — методы индивидуального подхода; молекулярная диагностика для профилактической и персонализированной медицины; протеомное профилирование; геномная паспортизация человека и др.

Анализ перспектив динамики отдельных тематических областей продемонстрировал ожидаемую смену технологической парадигмы: создание технологической платформы для «медицины здоровья» должно обеспечить в будущем перенос акцента с «медицины болезни» на предиктивную и персонализированную, как более оптимальную с точки зрения качества жизни, экономического бремени и ответов на запросы рынка труда. К числу приоритетов в связи с этим можно отнести следующие научно-технологические направления:

- экспериментальные образцы компонентов и систем направленной доставки лекарственных средств для повышения эффективности, улучшения фармакокинетических параметров и снижения токсичности лекарственных кандидатов; лабораторные протоколы их получения;
- аппаратно-программные комплексы, аналитические устройства и реагенты для анализа динамических (изменяемых) макромолекулярных маркеров и лабораторных протоколов их использования;
- экспериментальные образцы аппаратно-программных комплексов, аналитических устройств и реагентов для изучения низкомолекулярных соединений, лабораторные протоколы их применения;
- создание тканевых эквивалентов и искусственных живых органов человека;
- безопасная консервация и хранение клеточных продуктов;
- материалы, стимулирующие регенеративные процессы при трансплантации, регулирующие клеточную активность и дифференцировку в организме;
- системы визуализации внутренней структуры тканей и органов со сверхвысоким разрешением;
- высокочувствительные сенсоры физических и физиологических параметров человека.

По отдельным позициям отечественная наука демонстрирует впечатляющие результаты: например, обнаружение инфекционных агентов, разработка материалов специализированного действия для наружного применения, создание композитов с функциональной структурой для стоматологии.

Подобный анализ был осуществлен по каждой тематической области: были представлены 3–5 направлений, связанных с созданием научно-технологического задела, и применительно к ним, в свою очередь, сформулированы приоритеты в сфере ИиР. В качестве примера в табл. 1 приведены результаты в области молекулярной диагностики. Стоит отметить, что компетенции здесь демонстрируют небольшое число российских организаций, в то время как за рубежом их насчитывается несколько десятков, в том числе в Японии, Великобритании и Китае.

Аналогичным образом, были построены матрицы вызовов и научно-технологических ответов по всем тематическим областям. Далее приведены кейсы, касающиеся тех вызовов в сфере медицины и здравоохранения, которые имеют значимые социальные последствия и признаны большинством участников экспертных панелей как представляющие «серьезную угрозу для России».

### Приоритеты медицины будущего: ответ на вызовы, обусловленные ростом смертности от социально-значимых заболеваний

Вызовы, отнесенные к категории социальных, отражают изменения в качественном состоянии здоровья человека и могут иметь значимые последствия для общества в целом. В основном они представлены заболеваниями, приводящими к длительной, часто пожизненной, потере трудоспособности. Борьба с подобными болезнями требует постоянного совершенствования системы медицинского обслуживания, ориентированного именно на данную группу патологий.

#### Онкология

Злокачественные новообразования приобрели характер глобальной проблемы современности. Ежегодно в мире регистрируется более 12 млн новых случаев рака и около 6,2 млн вызванных им летальных исходов. Прогнозируемый прирост онкологической заболеваемости к 2018 г. составит приблизительно 15%. Онкопатология — вторая по значимости причина смерти в мире и в России после сердечно-сосудистой патологии [Чиссов и др., 2012]. Заболеваемость ею неуклонно растет в глобальном масштабе, что определяется активными процессами старения населения и конвергенцией изменяющихся социальных и экологических факторов. Так, в России среднегодовой темп прироста заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в 2000–2010 гг. превысил 1,6% (рис. 4). Это не может не сказываться на снижении средней продолжительности жизни, росте невосполнимых потерь населения и колоссального экономического ущерба. По имеющимся оценкам, ежегодные потери достигают 4,4 млн человеко-лет, как следствие утраченный период активной жизни в среднем составляет 7,5 лет у мужчин и 10 лет у женщин [там же].

Большинство экспертов указали на отмеченный фактор как одну из центральных проблем в здравоохранении, причем создаваемые ею угрозы для развития нашей страны приобретут особую значимость уже в период 2015–2025 гг. Перспективы преодоления неблагоприятной ситуации в онкологии связаны с развитием биомедицины как базы для персонализированного и предиктивного подходов к лечению<sup>4</sup>.

Внедрение способов целевой доставки препаратов уже в ближайшее время будет способствовать технологическим прорывам в диагностике и терапии, а методы геномной медицины в случаях генетических форм рака позволят предотвратить развитие патологии в семьях, где выявлен хотя бы один больной. Регенеративные

<sup>4</sup> См., например, материалы US Food and Drug Administration (режим доступа: <http://www.fda.gov/NewsEvents/Speeches/ucm052340.htm/> (дата обращения 10 декабря 2012 г.)); National Cancer Institute (США) [Varmus, 2003]; ReportLinker Industry reports, Company profiles and Market Statistics [ReportLinker, 2010].

Табл. 1. Перспективные направления исследований и разработок в тематической области «Молекулярная диагностика»

Направления создания научно-технологического задела	Приоритеты исследований и разработок
Аппаратно-программные комплексы, основанные на технологиях анализа статических (контекстных) макромолекулярных маркеров, для обеспечения оптимальных стратегий лечения и оценки индивидуальной предрасположенности к развитию, а также оценки индивидуального прогноза развития заболеваний	Широкомасштабные популяционно-эпидемиологические ассоциативные исследования, направленные на выявление устойчивых сочетаний изменений структур нуклеиновых кислот, ассоциированных с болезнями
	Определение генов-регуляторов, вовлеченных в механизмы развития болезней
	Разработка методов доклинической диагностики предрасположенности к болезням
	Создание отечественных аппаратно-программных комплексов для определения первичной структуры нуклеиновых кислот
	Идентификация генных сетей, вовлеченных в патогенез заболеваний, разработка алгоритмов оценки их ассоциативной значимости
	Выявление полиморфизмов структуры ДНК, ассоциированных с индивидуальной чувствительностью к фармакологическим препаратам и с индивидуальными особенностями их метаболизма
	Создание специальных диагностических реагентов, систем автоматизации и аппаратно-программных комплексов для диагностики социально значимых болезней и новых молекулярных механизмов устойчивости к препаратам, используемым для их лечения, на основе анализа нуклеиновых кислот
	Формирование алгоритмов обработки данных для выявления клинически значимых структурных и функциональных изменений нуклеиновых кислот
	Разработка алгоритмов и программного обеспечения для создания банка генетической информации населения Российской Федерации
	Создание систем обнаружения и количественной оценки структурных изменений нуклеиновых кислот, включая рекомбинантные технологии и технологии синтетической биологии
	Совершенствование методов получения специфических иммобилизованных ДНК-зондов, методов получения и контроля качества особо чистых дезоксирибонуклеозидтрифосфатов, предназначенных для секвенирования
	Разработка систем подачи растворов в проточные ячейки сенсорных чипов
	Создание интерфейсных устройств для чипов
	Прототипирование сенсорных чипов для полногеномного секвенирования ДНК
	Совершенствование технологии цветовой однонуклеотидной детекции
Формирование методов конъюгации и специфической сорбции нуклеиновых кислот на микросферы и заданные поверхности	

Источник: [НИУ ВШЭ, 2013].

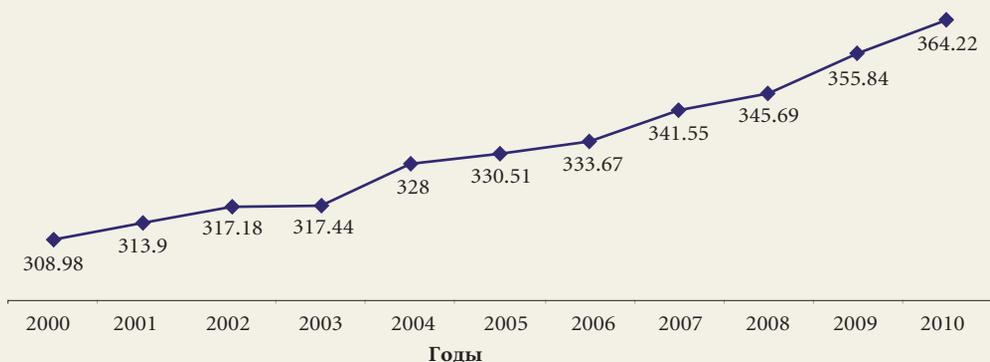
технологии и современные медицинские материалы дадут возможность в ближайшем будущем обеспечить высокое качество жизни онкологическому больному в случае замещения пораженного органа или ткани.

Рынки продуктов, возникающих под влиянием такого тренда, представляются достаточно перспективными: по мнению специалистов, «нижняя граница» их совокупного мирового объема составляет порядка 4 трлн долл. в год. Объемы реализации молекулярных тестов в мире за последние 10 лет увеличились в двад-

цать раз и достигли 1 млрд долл., ежегодно прирастая в среднем на 6%. В 2008 г. рынок молекулярной онкодиагностики оценивался в 11 млрд долл., прогноз на 2013 г. — 19 млрд долл. [Frost & Sullivan, 2008]<sup>5</sup>.

Объем российского сегмента рынка противоопухолевых препаратов сегодня достигает 19 млрд руб. При этом он характеризуется опережающим ростом цен: так, если в натуральном выражении его прирост за два года (9 месяцев 2009 г. по отношению к 9 месяцам 2007 г.) составил всего 11%, то в стоимостном он увели-

Рис. 4. Число онкологических больных в расчете на 100 тыс. чел. населения: 2000–2010



Источник: [Чиссов и др., 2012].

<sup>5</sup> В сфере онкологических препаратов лидируют крупнейшие транснациональные компании: Hoffmann - La Roche, Merck Sharp & Dohme, Sanofi Aventis, Eli Lilly, Novartis. Единственным российским производителем, вошедшим в первую десятку таких компаний, стала фирма «Верофарм», занявшая в нем 8-ю позицию.

чился более чем втрое [Ремедиум, 2010]. Колоссальный спрос ожидает разработку будущих противораковых вакцин: всего за четыре года с момента выхода на рынок «Гардасила» (вакцины от папилломавируса — причины рака шейки матки) выручка от продаж достигла 1.1 трлн долл. [Mathis, 2011].

К числу перспективных технологических решений в данной сфере можно отнести следующие:

- новое поколение молекулярно-генетических, биохимических, иммунологических онкомаркеров, инструментов раннего выявления, прогноза и оценки эффективности лечения;
- выявление мишеней для таргетной терапии, обеспечивающей персонализированный подход к лечению;
- оптимизация технологий имиджинга, совершенствование оборудования, диагностических реагентов и методов детекции маркеров;
- оптимизация способов лечения на основе разработки новых биомедицинских препаратов — клеточных и ДНК-вакцин, пептидов и др.;
- создание банков биологического материала для онкологических исследований, формирование баз данных и регистров онкопатологии, разработка экспертных компьютерных систем для диагностики и прогноза на основе биоинформационных технологий.

В России основные технологические блоки, необходимые для создания специализированных биомедицинских продуктовых линеек в области онкологии, практически не развиты либо вообще отсутствуют. Лишь 10% экспертов считают, что отечественный научный задел в биомедицинской онкологии соответствует мировому уровню. В числе серьезных пробелов — технологии высокопроизводительного получения антител, микрофабрикация, микро- и нанофлюидики. Недостаточный уровень развития отмечается и в сопряженных с онкологией отраслях — приборостроении, материаловедении, фармации. Именно здесь могут появиться новые субстанции, оборудование для повышения эффективности детекции молекулярных маркеров в клинической практике, высокотехнологичные методы диагностики и лечения.

Таким образом, возможные ответы на вызовы в данной сфере кроются преимущественно в научно-технической плоскости. Новые технологические решения могут привести к существенной трансформации структуры мирового рынка. Согласно оценкам, Россия способна занять свою нишу в ядерной медицине и материаловедении, однако эти возможности на фоне глобальной конкуренции имеют узкий временной горизонт.

### Сердечно-сосудистые заболевания

Сердечно-сосудистые заболевания ежегодно становятся причиной 4.3 млн смертей в Европе в целом, в том числе свыше 2 млн — в странах ЕС; это составляет соответственно 48% и 42% общего числа летальных ис-

ходов. Свыше 80% экспертов полагают, что это явление станет особенно опасным для России в период с 2015 по 2025 г.

Указанная группа патологий включает широкий спектр заболеваний: наиболее распространены ишемическая болезнь сердца, инфаркты, инсульты и аритмии. В 2010 г. они стали причиной примерно половины случаев преждевременной смерти россиян — 903 в расчете на 100 тыс. чел. населения (рис. 5). В общем числе летальных исходов, вызванных сердечно-сосудистыми заболеваниями, доля ишемической болезни составляет 56.8%. В Европе она является причиной половины, а инсульт — почти трети всех уходов из жизни от кардиоваскулярной патологии<sup>6</sup>.

Расчетная величина социально-экономического ущерба, причиняемого чрезмерно высокой смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний в нашей стране варьирует в интервале от 19 до 33 млрд долл. в год<sup>7</sup>.

К основным социальным характеристикам указанной категории заболеваний относят их долговременное течение, постоянную медикаментозную коррекцию, высокую степень инвалидизации. На определенной стадии большинство пациентов нуждаются в дорогостоящей высокотехнологичной медицинской помощи. Повсеместно наблюдается заметное «омоложение» первых клинических проявлений.

Продуктовые рынки в рассматриваемой области представлены соответствующими фармацевтическими препаратами и разработками сердечно-сосудистой хирургии (стенды, окклюдеры и т. п.). На терапию кардиоваскулярных заболеваний расходуется значительная часть бюджета здравоохранения; в некоторых странах — до 12–13%<sup>8</sup>. В международном масштабе указанные препараты лидируют по объему продаж и демонстрируют наибольшую динамику спроса: на них уже приходится почти 18% мирового рынка медикаментов [Уварова, 2012]. Самые популярные из них — антигипертензивные и противохолестериновые средства, диуретики и сердечные гликозиды.

Рис. 5. Рост числа случаев сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации (тыс. чел.)



Источник: статистические материалы Министерства здравоохранения и социального развития РФ.

<sup>6</sup> Режим доступа: <http://www.eurolab.ua/heart-disease/1921/1926/14812/> (дата обращения 12 декабря 2012 г.).

<sup>7</sup> Оценка на основе комплексной методики DALY (disability-adjusted life years) [WHO, 2008].

<sup>8</sup> По материалам сайта Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН. Режим доступа: [http://www.bakulev.ru/about/press/index.php?ELEMENT\\_ID=33571&sphrase\\_id=393199](http://www.bakulev.ru/about/press/index.php?ELEMENT_ID=33571&sphrase_id=393199) (дата обращения 16 ноября 2012 г.).

В последнее десятилетие при лечении больных ишемической болезнью сердца значительно возросла частота применения эндопротезирования. Коронарная ангиопластика и стентирование существенно расширили возможности лечения и повысили его эффективность. В каждой американской клинике проводится до 1000 операций стентирования в год. Малоподвижный образ жизни, изменения в структуре питания увеличивают частоту проявлений гиперхолестеринемии и других сопутствующих дисфункций как причин возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. В России в последние годы увеличилась заболеваемость инфарктами, а количество хирургических операций по сравнению с ведущими зарубежными странами существенно сократилось. Перечисленные аспекты в значительной степени повлияют на динамику рынка кардиохирургического оборудования (рис. 6).

Ответы на обозначенный вызов лежат в определенных научно-технологических областях, которые позволяют выявлять мишени, ограничивающие как негативные эффекты внешнесредовых факторов риска (неправильного питания, курения, образа жизни) в масштабе популяции, так и механизмы прогрессирования болезни на индивидуальном уровне.

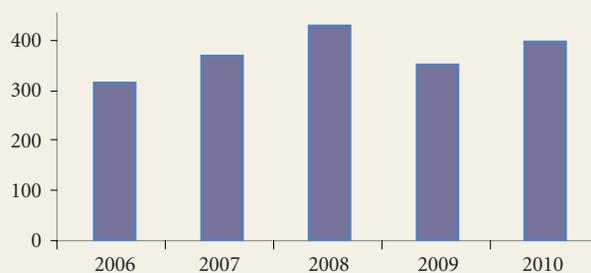
Развитым государствам удалось заметно снизить социально-экономическое бремя от сердечно-сосудистых заболеваний благодаря научным достижениям в сосудистой хирургии. Ожидаются значимые прорывы в области биосовместимых и биodeградируемых материалов. В ряде стран выделяются серьезные средства на развитие геномной медицины, и в первую очередь, на разработку средств ранней диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Россия может стать паритетным игроком на этом рынке в таких его сегментах, как материалы, геномика и регенеративная медицина.

### Хронические обструктивные болезни легких

Относительно новая группа патологий — хронические обструктивные болезни легких, обусловленные влиянием неблагоприятных факторов внешней среды, особенно курения. В последние годы ввиду широкой распространенности они вошли в число важнейших социальных вызовов, став лидерами среди причин увеличения сроков нетрудоспособности и роста инвалидности. По состоянию на 2012 г., в США от этого типа заболеваний страдали 13 млн чел., в России — около 11 млн [WHO, 2012]. Темпы роста заболеваемости приобрели катастрофический характер: так, в 1982–1995 гг. количество больных американцев выросло на 41.5%. Причем, как свидетельствуют материалы Европейского респираторного общества (European Respiratory Society), лишь около четверти случаев диагностируются своевременно [Qaseem et al., 2011].

По данным ВОЗ, смертность от хронических легочных болезней регистрируется повсеместно, в большинстве развитых стран эта проблема выдвигается на передний план: в 1990 г. они занимали 6-е место, а к 2020 г. выйдут на третье после сердечнососудистых заболеваний и онкологии [GOLD, 2011]. За последние 30 лет летальность от болезней данной категории увеличилась на 163% и на сегодняшний день, по средне-

Рис. 6. Динамика объема рынка оборудования и изделий для сердечно-сосудистой хирургии (млн долл.)



Источник: [GlobalData, 2012].

взвешенному показателю, не уступает ВИЧ/СПИД, а в ряде стран даже опережает его.

Уровень заболеваемости и смертности, обусловленный указанными болезнями, причиняет серьезный экономический ущерб. В странах ЕС прямые затраты на лечение заболеваний органов дыхания (38.6 млрд евро в год) составляют 69% общего бюджета здравоохранения, доля хронических обструктивных болезней легких в их составе достигает 56%. В США расходы на лечение легочных заболеваний в 2012 г. равнялись 30 млрд долл. [WHO, 2012]. Ежегодные издержки в расчете на одного хронического больного (8.5 тыс. долл.) были почти в 2.5 раза выше, чем на «обычного» [WHO, 2011a]. К 2030 г. ожидается более чем двукратный рост совокупных расходов, связанных с такими заболеваниями (рис. 7).

Эксперты относят хронические легочные болезни к основным трендам, влияющим на развитие медицины. Более 70% участников нашего экспертного опроса заявили, что к 2020 г. увеличение заболеваемости и смертности от этой группы патологий создаст угрозу и для России. Их рассматривают как симптомокомплекс со стремительно развивающимися признаками терминальной дыхательной недостаточности, причем воздействие на инфекционный процесс в легких либо на воспаление и обструкцию не позволяет контролировать болезнь.

Рынок препаратов в данной области растет невероятными темпами. По исследованиям здесь лидируют научные центры США, Великобритании, Нидерландов, Канады, Испании и Италии, а также крупнейшие фармацевтические компании мира — AstraZeneca, Novartis, Boehringer Ingelheim, Merck, Biomark, GlaxoSmithKline, Pfizer и др. В настоящее время в них проходят доклинические исследования до 250 молекул и пять — находятся в фазе клинических испытаний [Ремедиум, 2012]. Рынки продуктов для пациентов связаны не только с самим заболеванием, но и с его многочисленными осложнениями — сердечно-сосудистой недостаточностью, анемией, остеопорозом, депрессией, снижением потенции у мужчин, артериальной гипертензией, рецидивирующими бактериальными обострениями с развитием пневмоний. Значительная доля рынка приходится на ингаляционные противовоспалительные и бронхорасширяющие лекарства, которые применяют

с индивидуальными системами ингаляционной доставки. Вплоть до 2020 г. сохранят актуальность антибактериальные препараты, особенно резервного ряда.

С научной точки зрения пути решения отмеченных проблем связаны, прежде всего, с раскрытием молекулярных основ микробиоты человека. В ближайшее время можно ожидать появления результатов, которые позволят сфокусировать изучение ключевых механизмов хронических обструктивных болезней легких на новых данных о сигнальных путях иммунного ответа, поддерживающих хроническое системное воспаление, и на разработке профилактических подходов, таких как вакцины, лекарства на основе антисмысловых последовательностей генома человека и т. п.

В этом направлении над созданием вакцин уже работают несколько фармкомпаний. Параллельно ведутся разработки методов профилактики курения табака, неинвазивной диагностики ранних стадий хронических легочных заболеваний, оксигенации крови в домашних условиях для ведения больных на более поздних стадиях. Еще одна важная технологическая позиция, требующая для успешного контроля болезни, — разработка продуктов для оксигенации крови.

Позиции российских разработчиков в указанных сферах крайне низки, а сколь-либо конкурентоспособные научно-технические заделы практически отсутствуют. Существует возможность кооперации с фармакологическими гигантами США и Великобритании, однако шансы невелики, что подтверждают данные библиометрического анализа: доля публикаций в международных научных журналах, индексируемых в Web of Science, с участием отечественных ученых в области хронических обструктивных болезней легких не превышает 1%.

## Инфекционные болезни

Заболевания, связанные с низким уровнем гигиены (кишечные инфекции, ВИЧ, туберкулез, гельминтные заболевания, гепатиты и др.), представляют крупную проблему для здравоохранения в большинстве стран. Их распространенность увеличивается с ростом человеческой популяции и является своего рода естественным ограничителем неконтролируемых демографических процессов. На долю этой категории приходится 20–40% от общего числа всех болезней. Они ежегодно уносят жизни 16 млн чел., занимая 3–4-ю позиции в структуре причин смертности [WHO, 2012]. Суммарный экономический ущерб от зарегистрированных в 2008 г. случаев только в Москве составил 20.5 млрд руб. (рис. 8). В 2009 г. эта величина оценивалась уже в 32.1 млрд руб. Как и в предыдущие годы, наибольший ущерб был обусловлен распространением гриппа и ОРВИ — 29.4 млрд руб. [Караулов, Евсегнеева, 2011].

По данным Минздрава России, в нашей стране ежегодно фиксируются до 40 млн случаев инфекционных болезней, приносящих экономические потери в размере 47.6 млрд руб. Высокая социально-экономическая значимость данной проблемы обусловлена еще и тем, что во многих случаях эти заболевания поражают детей в возрасте до 5 лет. При сохранении сложившейся

Рис. 7. Расходы, связанные с заболеваемостью хроническими обструктивными болезнями легких (трлн долл.)



тенденции к 2020 г. экономический урон может составить до 20% ВВП [MedLinks, 2010].

Круг известных науке инфекционных заболеваний в настоящее время превышает 1200 и неуклонно расширяется. Наиболее актуальными являются ВИЧ, гепатиты В и С, туберкулез [WHO, 2012]. Они распространяются, в первую очередь, в социально-неблагополучных, плохо контролируемых группах населения, а прогноз их течения неблагоприятен, что обуславливает значительную бюджетную нагрузку. В мире зарегистрировано около 34 млн ВИЧ-инфицированных; только в 2010 г. количество вновь заболевших достигло 2.7 млн, а умерших — 1.8 млн [WHO, 2011b]. Быстрая динамика в этом отношении отмечается и в России (рис. 9), что, в частности, обусловлено низким уровнем диагностики. Серьезные профилактические программы, реализуемые в развитых странах, продемонстрировали эффективность превентивного подхода к ограничению распространения подобных инфекций, послужив драйвером для формирования новых научно-технологических заделов. Поиск перспективных технологических решений связан также с осознанием неблагоприятного комбинированного течения наиболее опасных инфекций (так, туберкулез занимает первое место в структуре смертности среди больных с иммунодефицитом).

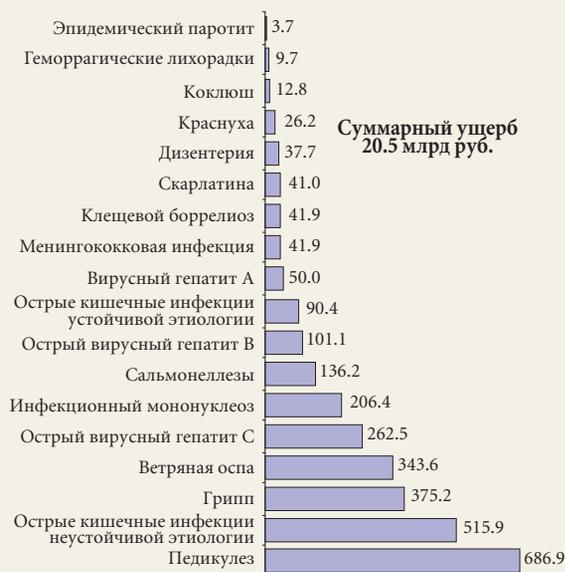
Подавляющее большинство опрошенных нами экспертов полагают, что наиболее остро влияние инфекционных заболеваний проявится в 2015–2020 гг.

Противомикробные и противовирусные средства являются одной из самых многочисленных продуктовых групп на фармацевтическом рынке. По данным аналитического сайта «Research and Markets», в настоящее время рынок всех противoinфекционных препаратов составляет 66.5 млрд долл., причем почти две трети продаж приходится на антибактериальные лекарства<sup>9</sup>. Согласно оценкам, в 2012 г. объем мирового рынка последних приблизился к отметке 45 млрд долл. Однако его ежегодный прирост за прошедшие пять лет не превышал 4%, тогда как динамика рынков противовирусных препаратов и вакцин достигала 16.7% и 16.4% соответственно [Колбин, Балыкина, 2010].

Ведущие компании на рынке антибиотиков — Pfizer, Astellas, GlaxoSmithKline — создали внушительный и обнадёживающий научно-технологический задел на

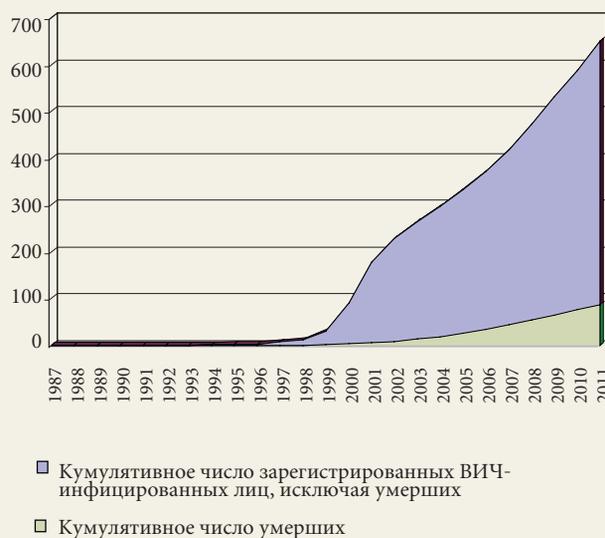
<sup>9</sup> Режим доступа: [http://www.researchandmarkets.com/research/w8pn9w/global\\_outlook\\_of](http://www.researchandmarkets.com/research/w8pn9w/global_outlook_of) (дата обращения 12 ноября 2012 г.).

Рис. 8. Экономический ущерб от различных инфекционных заболеваний в Москве: 2008 (млн руб.)



Источник: [MedLinks, 2010].

Рис. 9. Динамика числа зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции у граждан России: 1987–2011 (тыс. чел.)



Источник: [AIDS Journal, 2012].

будущее для появления новых классов антибактериальных средств. Так, на различных стадиях ИиР находятся примерно 200 таких медикаментов. Но кризис технологии их производства, связанный с резистентностью вирусов, может создать барьер в развитии рынка, поэтому выбор технологических решений связан с наращиванием исследовательского потенциала в области вакцин и появлением совершенно новых стратегий борьбы с инфекциями.

Технологические ответы лежат, прежде всего, в сфере исследований противoinфекционных лекарств. За последние годы снизилась научная активность фармацевтических фирм в отношении антибактериальных препаратов, что связано с приобретенной бактериальной резистентностью, темпы развития которой опережают окупаемость инвестиций в разработку инновационных продуктов. На повестке дня — новаторские «нелекарственные» идеи по управлению инфекциями. Пока же ожидания связаны с созданием превентивных и высокоэффективных вакцин против ВИЧ, гепатита, туберкулеза и т. п., которые пополняют перечни, предусмотренные национальными программами вакцинации населения.

С появлением новых инфекций возникает потребность в научно-технологических заделах по ранней и высокоспецифичной диагностике, основанной на методах биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа; разработке высокопроизводительных роботизированных систем скрининга, средств иммунопрофилактики на базе технологий биоинженерии и способов коррекции иммунного ответа.

В России имеется паритетный исследовательский потенциал в сфере вакцин, однако отсутствие технологической платформы, позволяющей в короткие сроки производить диагностические наборы и лекарства против вновь появляющихся инфекций, не позволяет лидировать на рынке.

## Заключение

Исследования в области научно-технологического прогнозирования по направлению «Медицина и здравоохранение» позволили не только протестировать предложенную нами методику, но и выделить те тренды и научно-технологические области, которые в средне- и долгосрочной перспективе определят облик данной сферы. По четырем ключевым для России вызовам рассмотрены возможные научно-технологические ответы, и на их основе сформулированы приоритетные исследовательские задачи.

Однако экспертные оценки неутешительны: по большинству научно-технологических направлений, которые формируют будущий облик медицины, потенциал в России отсутствует. Между тем, можно говорить о наличии «историй успеха» в отдельных областях, что позволяет надеяться на будущие прорывы и их последующее использование в качестве плацдармов для занятия значимых позиций на мировых рынках и интеграции в цепочки создания стоимости. Отметим, что времени для такого маневра осталось очень мало: те «окна возможностей», которые может использовать наша страна, сохраняют актуальность преимущественно в ближайшие 5–7 лет, а значит — действовать надо уже сейчас.

Действенным инструментом политики в определении научно-технологических приоритетов должна стать система долгосрочного прогнозирования. Ее задача — поддержка принятия решений в сфере науки и технологий на базе постоянного мониторинга глобальных трендов, вызовов и возможностей; систематического сканирования потенциальных рынков; инвентаризации отечественных заделов; определения вариантов встраивания в глобальные цепочки создания стоимости не только в модели лидерства, но и на правах партнерства.

- Болибрух А.А. (1999) Проблемы Гильберта (100 лет спустя). М.: МЦНМО.
- Вишневский К.О., Карасев О.И. (2010) Прогнозирование развития новых материалов с использованием методов Форсайта // Форсайт. Т. 4. № 2. С. 58–67.
- Карасев О.И., Соколов А.В. (2009) Форсайт и технологические дорожные карты для нанотехнологии // Российские нанотехнологии. Т. 4. № 3–4. С. 8–15.
- Караулов А.В., Евсегнеева И.В. (2011) Современные подходы к вакцинопрофилактике гриппа // Вакцинация. № 1. С. 43–52.
- Колбин А.С., Балыкина Ю.Е. (2010) Исследования и разработки новых антибактериальных средств. Есть ли ограничения в этом направлении? Часть 1 // Ремедиум. № 12. Режим доступа: [http://remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=41641&num=%B912&sec\\_id=4637](http://remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=41641&num=%B912&sec_id=4637) (дата обращения 15 января 2013 г.).
- Минздравсоцразвития (2011) Заболеваемость населения России в 2010 году (статистические материалы). М.: Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации.
- Минздравсоцразвития (2012) Социально значимые заболевания населения России в 2011 году (статистические материалы). М.: Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации.
- НИУ ВШЭ (2013) Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России. М.: НИУ ВШЭ.
- Пономарев А.К., Чулок А.А., Борисова Е.К. (2008) Изучение и анализ текущего спроса крупных частных и государственных компаний на технологии и технологические решения. М.: ОАО «МАЦ».
- Ремедиум (2010) Рынок противоопухолевых препаратов // Ремедиум. № 2. Режим доступа: [http://www.remidium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=33131&num=%B92&sec\\_id=4050](http://www.remidium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=33131&num=%B92&sec_id=4050) (дата обращения 15 января 2013 г.).
- Ремедиум (2012) Современные подходы к лечению ХОБЛ и бронхиальной астмы // Remedium.ru (26 апреля). Режим доступа: [http://remidium.ru/news/detail.php?ID=51294&sphrase\\_id=1825300](http://remidium.ru/news/detail.php?ID=51294&sphrase_id=1825300) (дата обращения 12 декабря 2012 г.).
- Соколов А.В., Карасев О.И., Рудь В.А., Пашнов С.А. (2009) Долгосрочный прогноз развития российской нанотехнологии с использованием метода Дельфи // Российские нанотехнологии. Т. 4. № 5–6. С. 33–40.
- Соколов А.В., Чулок А.А. (2012) Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты // Форсайт. Т. 6. № 1. С. 12–25.
- Уварова Ю. (2012) Мировой фармацевтический рынок: состояние, прогнозы, перспективы // Remedium.ru. Режим доступа: [http://remidium.ru/section/detail.php?ID=50791&sphrase\\_id=1825295](http://remidium.ru/section/detail.php?ID=50791&sphrase_id=1825295) (дата обращения 18 ноября 2012 г.).
- Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. (2012) Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность). М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздравсоцразвития России.
- AIDS Journal (2012) Основные статистические данные по ВИЧ в России // AIDS Journal. № 81. С. 21–24. Режим доступа: [http://www.aidsjournal.ru/pdf/txt\\_2012\\_01.pdf](http://www.aidsjournal.ru/pdf/txt_2012_01.pdf) (дата обращения 15 января 2013 г.).
- Bergek A., Jacobsson S., Carlsson B., Lindmark S., Rickne A. (2008) Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis // Research Policy. Vol. 37. № 3. P. 407–429.
- Chaminade C., Edquist C. (2006) From theory to practice. The use of the systems of innovation approach in innovation policy // Innovation, Learning and Institutions / Eds. J. Hage, M. de Meeus. Oxford: Oxford University Press.
- CIA (2011) The World Factbook. Режим доступа: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2102.html> (дата обращения 5 декабря 2012 г.).
- Edquist C. (2011) Innovation Policy Design: Identification of Systemic Problems. CIRCLE Electronic Working Papers 2011/6. Lund University, Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.
- ELF (2004) Lung Health in Europe — Facts & Figures. Brussels: European Lung Foundation.
- European Commission (2011) European Nanotechnology Landscape Report. ObservatoryNANO.
- European Commission (2012) The role of forward-looking activities for the governance of Grand Challenges: Insights from the European Foresight Platform. Vienna: AIT. Режим доступа: [http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/06/EFP-Publikation-V4\\_Gesamt.pdf](http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/06/EFP-Publikation-V4_Gesamt.pdf) (дата обращения 10 января 2013 г.).
- Frost & Sullivan (2008) U.S. Cancer Molecular Diagnostics Markets (Report № N39E-55). Frost & Sullivan. Режим доступа: <http://rapid-insights.com/files/US%20Molecular%20Diagnostics%20Market%20FS%2008.pdf> (дата обращения 17 февраля 2013 г.).
- Georghiu L. (2011) Final Evaluation of the Lead Market Initiative. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- GlobalData (2012) Russian Federation Cardiovascular Devices Market Outlook to 2018 — Cardiac Rhythm Management, Interventional Cardiology, Peripheral Vascular Devices, Electrophysiology, Prosthetic Heart Valves and Others. GlobalData. Режим доступа: [http://www.fastmr.com/prod/456054\\_russian\\_federation\\_cardiovascular\\_devices\\_market.aspx](http://www.fastmr.com/prod/456054_russian_federation_cardiovascular_devices_market.aspx) (дата обращения 17 ноября 2012 г.).
- GOLD (2011) Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (revised 2011). Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease.
- Guinet J. (2011) Post-Crisis Innovation Policy: Best Practices and Opportunities for their Implementation in Russia. Paper presented at the Expert Group Workshop on “Transition to Innovation-Based Growth”, Moscow, April. Режим доступа: [www.hse.ru/data/2011/12/14/1261840158/HSE\\_WS\\_Guinet.pdf](http://www.hse.ru/data/2011/12/14/1261840158/HSE_WS_Guinet.pdf) (дата обращения 19 октября 2012 г.).
- Mathis R. (2011) Gardasil vaccination: Evaluating the risks versus benefits // NaturalNews.com (23 February). Режим доступа: [http://www.naturalnews.com/031454\\_Gardasil\\_risks.html](http://www.naturalnews.com/031454_Gardasil_risks.html) (дата обращения 15 февраля 2013 г.).
- MedLinks (2010) Проблемы вирусных инфекций в России. Режим доступа: <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=40014&query=%C2%C2%CF+%E8%ED%F4%E5%EA%F6%E8%E8> (дата обращения 22 октября 2012 г.).
- OECD (2010) OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow. Paris.
- Qaseem A., Wilt T., Weinberger S., Hanania N., Criner G., van der Molen T., Marciniuk D., Denberg T., Schönemann H., Wedzicha W., MacDonald R., Shekelle P. (2011) Diagnosis and Management of Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Clinical Practice Guideline Update from the American College of Physicians, American College of Chest Physicians, American Thoracic Society, and European Respiratory Society // Annals of Internal Medicine. Vol. 155. № 3. P. 179–192.
- RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications). Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- ReportLinker (2010) Drug Discovery and Development Business in the United States. Режим доступа: <http://www.reportlinker.com/d011427159/Drug-Discovery-and-Development-Business-in-the-United-States.html> (дата обращения 12 февраля 2013 г.).
- Saritas O., Keenan M. (2004). Broken promises and/or techno dreams? The future of health and social services in Europe // Foresight. Vol. 6. № 5. P. 281–291.
- ThoughtWorks (2012) Technology Radar (October 2012). Режим доступа: <http://thoughtworks.fileburst.com/assets/technology-radar-october-2012.pdf> (дата обращения 21 декабря 2012 г.).
- UNIDO (2007) A Roadmap to Quality. An e-learning Manual for Implementing Total Quality Management (in two volumes). Vienna: UNIDO.
- Varmus H. (2003) Managing Biomedical Research to Prevent and Cure Disease in the 21st Century. NIH National Cancer Institute. Режим доступа: <http://www.cancer.gov/aboutnci/director/speeches/managing-research-2003> (дата обращения 17 февраля 2013 г.).
- WHO (2008) The global burden of disease: 2004 update. World Health Organization.
- WHO (2011a) The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases (September 2011). World Health Organization.
- WHO (2011b) Progress report 2011: Global HIV/AIDS response. World Health Organization.
- WHO (2012) World Health Statistics. World Health Organization.

# Medicine of the Future: Opportunities for Breakthrough through the Prism of Technology Foresight

**Ilya Kaminskiy**

Director, Sectoral forecasting centre, Siberian State Medical University. Address: 2, Moskovskiy trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation. E-mail: medicff@yandex.ru

**Ludmila Ogorodova**

Deputy Chair, State Duma Committee for Science and High Technologies, and Chair, Technology Platform «Medicine of the Future». Address: 1, Okhotny Ryad str., Moscow, 103265, Russian Federation. E-mail: lm-ogorodova@mail.ru

**Maxim Patrushev**

Head, Laboratory for Genomic and Proteomic Studies, Immanuel Kant Baltic Federal University. Address: 14, Alexander Nevsky str., Kaliningrad, 236041, Russian Federation. E-mail: maxpatrushev@gmail.com

**Alexander Chulok**

Head, Division for S&T Forecasting, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University — Higher School of Economics. Address: National Research University — Higher School of Economics, 20 Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation. E-mail: achulok@hse.ru

---

## Abstract

Many countries consider healthcare a priority area of development. Its future milestones lie in two key dimensions: social — combating common and complex diseases, and economic — establishing S&T basis that will provide leadership, or at least a decent niche in the global markets.

The paper provides the results of a study conducted by the HSE in cooperation with the member organizations of technology platform “Medicine of the Future”. It supposes and empirically tests the feasibility of matching challenges and responses aimed at selecting the priorities of S&T development. The study identified underlying trends and S&T areas that will shape the medium and long term prospects of medicine, as well as backlogs allowing gaining strong global market positions. The possible technology responses for the most significant healthcare challenges

for Russia are identified, and a priority research agenda is proposed.

The authors conclude that Russia lacks breakthrough S&T capacities in the majority of promising medical areas. Meanwhile, domestic advances in some fields still offer the chance for a breakthrough and gaining solid positions on global markets as well as for integration in the value chain. Time to catch up with these opportunities however is running out: most of them are estimated to be available only for the next 5-7 years, so urgent actions are required.

These results have been widely discussed in the framework of a range of communication platforms, including that of expert groups preparing the draft state-run programme «Development of Science and Technology for the period up to 2020», and working committees of the technology platform «Medicine of the Future», which are presented at Russian and international conferences.

## Keywords

global challenges; long-term forecast; medicine and healthcare; priority areas; S&T capacities; S&T policy; innovation policy

## References

- AIDS Journal (2012) Osnovnye statisticheskie dannye po VICH v Rossii [Main Statistical Data on HIV/AIDS in Russia]. *AIDS Journal*, no 81, pp. 21–24. Available at: [http://www.aidsjournal.ru/pdf/txt\\_2012\\_01.pdf](http://www.aidsjournal.ru/pdf/txt_2012_01.pdf) (accessed 15 January 2013).
- Bergek A., Jacobsson S., Carlsson B., Lindmark S., Rickne A. (2008) Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, vol. 37, no 3, pp. 407–429.
- Bolibrukh A.A. (1999) *Problemy Gil'berta (100 let spustya)* [Hilbert Problems (100 Years Later)], Moscow: Moscow Center for Continuous Mathematical Education.
- Chaminade C., Edquist C. (2006) From theory to practice. The use of the systems of innovation approach in innovation policy. *Innovation, Learning and Institutions* (eds. J. Hage, M. de Meeus), Oxford: Oxford University Press.
- Chissov V., Starinskiy V., Petrova G. (2012) *Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii v 2010 godu (zabolevaemost' i smertnost')* [Malignant neoplasms in Russia in 2010 (data book)], Moscow: P.A. Gertsen MROI of Ministry for Health and Social Development of the Russian Federation.
- CIA (2011) *The World Factbook*. Available at: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2102.html> (accessed 5 December 2012).

- Edquist C. (2011) *Innovation Policy Design: Identification of Systemic Problems* (CIRCLE Electronic Working Papers 2011/6), Lund University, Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.
- ELF (2004) *Lung Health in Europe — Facts & Figures*. Brussels: European Lung Foundation.
- European Commission (2011) *European Nanotechnology Landscape Report*, ObservatoryNANO.
- European Commission (2012) *The role of forward-looking activities for the governance of Grand Challenges: Insights from the European Foresight Platform*, Vienna: AIT. Available at: [http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/06/EFPP-Publikation-V4\\_Gesamt.pdf](http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/06/EFPP-Publikation-V4_Gesamt.pdf) (accessed 10 January 2013).
- Frost & Sullivan (2008) *U.S. Cancer Molecular Diagnostics Markets* (Report no N39E-55), Frost & Sullivan. Available at: <http://rapid-insights.com/files/US%20Molecular%20Diagnostics%20Market%20FS%2008.pdf> (accessed 17 February 2013).
- Georghiou L. (2011) *Final Evaluation of the Lead Market Initiative*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- GlobalData (2012) *Russian Federation Cardiovascular Devices Market Outlook to 2018 — Cardiac Rhythm Management, Interventional Cardiology, Peripheral Vascular Devices, Electrophysiology, Prosthetic Heart Valves and Others*, GlobalData. Available at: [http://www.fastmr.com/prod/456054\\_russian\\_federation\\_cardiovascular\\_devices\\_market.aspx](http://www.fastmr.com/prod/456054_russian_federation_cardiovascular_devices_market.aspx) (accessed 17 November 2012).
- GOLD (2011) *Global strategy for the diagnosis, management, and prevention, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (revised 2011)*, Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease.
- Guinet J. (2011) *Post-Crisis Innovation Policy: Best Practices and Opportunities for their Implementation in Russia*. Paper presented at the Expert Group Workshop on “Transition to Innovation-Based Growth”, Moscow, April. Available at: [www.hse.ru/data/2011/12/14/1261840158/HSE\\_WS\\_Guinet.pdf](http://www.hse.ru/data/2011/12/14/1261840158/HSE_WS_Guinet.pdf) (accessed 19 October 2012).
- HSE (2013) *Dolgosrochnye prioritety prikladnoi nauki v Rossii* [Long-term Priorities for Applied Science in Russia], Moscow: HSE.
- Karasev O., Sokolov A. (2009) Forsait i tekhnologicheskie dorozhnye karty dlya nanoindustrii [Foresight and Technology Roadmaps for Nano Industry]. *Rossiiskie nanotekhnologii*, vol. 4, no 3–4, pp. 8–15.
- Karaulov A., Evsegneeva I. (2011) Sovremennye podkhody k vaksinoproflaktike grippa [Modern Approaches to Preventive Vaccination of Flu]. *Vaksinatziya*, no 1, pp. 43–52.
- Kolbin A., Balykina Yu. (2010) Issledovaniya i razrabotki novykh antibakterial'nykh sredstv. Est' li ogranicheniya v etom napravlenii? Chast' 1 [R&D in the Field of New Antibacterial Remedies. Are There Limitations in this Regard? Part 1]. *Remedium*, no 12. Available at: [http://remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=41641&num=%B912&sec\\_id=4637](http://remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=41641&num=%B912&sec_id=4637) (accessed 15 January 2013).
- Mathis R. (2011) Gardasil vaccination: Evaluating the risks versus benefits. *NaturalNews.com* (23 February). Available at: [http://www.naturalnews.com/031454\\_Gardasil\\_risks.html](http://www.naturalnews.com/031454_Gardasil_risks.html) (accessed 15 February 2013).
- MedLinks (2010) *Problemy virusnykh infektsii v Rossii* [Problems of Virus Infections in Russia]. Available at: <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=40014&query=%C2%C2%CF+%E8%ED%F4%E5%EA%F6%E8%E8> (accessed 22 October 2012).
- MHSD (2011) *Zabolevaemost' naseleniya Rossii v 2010 godu (statisticheskie materialy)* [Diseases in Russia in 2010 (data book)], Moscow: Ministry for Health and Social Development of the Russian Federation.
- MHSD (2012) *Sotsial'no znachimye zabolovaniya naseleniya Rossii v 2011 godu (statisticheskie materialy)* [Socially Significant Diseases in Russia in 2011 (data book)], Moscow: Ministry for Health and Social Development of the Russian Federation.
- OECD (2010) *OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow*, Paris.
- Ponomarev A., Chulok A., Borisova E. (2008) *Izucheniye i analiz tekushchego sprosra krupnykh chastnykh i gosudarstvennykh kompanii na tekhnologii i tekhnologicheskie resheniya* [Studying and Analyzing Current Demand for Technologies and Technological Solutions from Large Private and State-owned Companies]. Moscow: Interdepartmental Analytical Centre.
- Qaseem A., Wilt T., Weinberger S., Hanania N., Criner G., van der Molen T., Marciniuk D., Denberg T., Schünemann H., Wedzicha W., MacDonald R., Shekelle P. (2011) Diagnosis and Management of Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Clinical Practice Guideline Update from the American College of Physicians, American College of Chest Physicians, American Thoracic Society, and European Respiratory Society. *Annals of Internal Medicine*, vol. 155, no 3, pp. 179–192.
- RAND (2006) *The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications)*, Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- Remedium (2010) Rynok protivoopukholevykh preparatov [Market for Antitumoral Remedies]. *Remedium*, no 2. Available at: [http://www.remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=33131&num=%B92&sec\\_id=4050](http://www.remedium-journal.ru/arhiv/detail.php?ID=33131&num=%B92&sec_id=4050) (accessed 15 January 2013).
- Remedium (2012) Sovremennye podkhody k lecheniyu KhOBL i bronkhial'noi astmy [Modern Approaches to Treating COPD and Bronchial Asthma]. *Remedium.ru* (26 April). Available at: [http://remedium.ru/news/detail.php?ID=51294&sphrase\\_id=1825300](http://remedium.ru/news/detail.php?ID=51294&sphrase_id=1825300) (accessed 12 December 2012).
- ReportLinker (2010) *Drug Discovery and Development Business in the United States*. Available at: <http://www.reportlinker.com/d011427159/Drug-Discovery-and-Development-Business-in-the-United-States.html> (accessed 12 February 2013).
- Saritas O., Keenan M. (2004). Broken promises and/or techno dreams? The future of health and social services in Europe. *Foresight*, vol. 6, no 5, pp. 281–291.
- Sokolov A., Chulok A. (2012) Dolgosrochnyi prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii na period do 2030 goda: klyuchevye osobennosti i pervye rezul'taty [Russian Science and Technology Foresight – 2030: Key Features and First Results]. *Foresight-Russia*, vol. 6, no 1, pp. 12–25.
- Sokolov A., Karasev O., Roud V., Shashnov S. (2009) Dolgosrochnyi prognoz razvitiya rossiiskoi nanoindustrii s ispol'zovaniem metoda Del'fi [Delphi-based Long-term Forecast for the Russian Nano Industry]. *Rossiiskie nanotekhnologii*, vol. 4, no 5–6, pp. 33–40.
- ThoughtWorks (2012) *Technology Radar* (October 2012). Available at: <http://thoughtworks.fileburst.com/assets/technology-radar-october-2012.pdf> (accessed 21 December 2012).
- UNIDO (2007) *A Roadmap to Quality. An e-learning Manual for Implementing Total Quality Management* (in two volumes), Vienna: UNIDO.
- Uvarova Yu. (2012) Mirovui farmatsevticheskii rynek: sostoyaniye, prognozy, perspektivy [Global Pharmaceuticals Market: State-of-art, Forecasts, Outlook]. *Remedium.ru*. Available at: [http://remedium.ru/section/detail.php?ID=50791&sphrase\\_id=1825295](http://remedium.ru/section/detail.php?ID=50791&sphrase_id=1825295) (accessed 18 November 2012).
- Varmus H. (2003) *Managing Biomedical Research to Prevent and Cure Disease in the 21st Century*, NIH National Cancer Institute. Available at: <http://www.cancer.gov/aboutnci/director/speeches/managing-research-2003> (accessed 17 February 2013).
- Vishnevsky K., Karasev O. (2010) Prognozirovaniye razvitiya novykh materialov s ispol'zovaniem metodov Forsaita [Identifying the Future of New Materials with the Use of Foresight Methods]. *Foresight-Russia*, vol. 4, no 2, pp. 58–67.
- WHO (2008) *The global burden of disease: 2004 update*, World Health Organization.
- WHO (2011a) *The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases* (September 2011), World Health Organization.
- WHO (2011b) *Progress report 2011: Global HIV/AIDS response*, World Health Organization.
- WHO (2012) *World Health Statistics*, World Health Organization.