

Текущие тенденции и прогноз развития мирового рынка биотехнологий. Текущие позиции и перспективы России

Краткий анализ

2018

Согласно прогнозам, глобальные расходы на здравоохранение достигнут \$ 8,7 трлн к 2020 г. Драйвером процесса является увеличение потребности в различных медицинских препаратах в развивающиеся страны (в том числе России), а также увеличение спектра услуг в развитых странах [1].

К 2025 году ожидается, что глобальный рынок биотехнологий достигнет 727,1 млрд. долл. США (доклад от *Grandview Research, Inc.*), при этом наиболее перспективные области биотехнологий включают регенеративную медицину и генетику в диагностике [2].

По состоянию на 2017 год значимы следующие тренды в области биотехнологий в мире:

1. Генетическое редактирование CRISPR/Cas9

Очевидная перспективность технологий редактирования генома человека (в частности, CRISPR/Cas9) в связи с развитием регенеративной медицины и новых методов получения клеточных и генно-инженерных продуктов с заданными свойствами, делают разработку и освоение технологий редактирования генома чрезвычайно актуальным направлением. При этом, учитывая масштабы задач, очевидно, что недостаточно иметь несколько лабораторий, владеющих данными технологиями. Актуальным является масштабирование этой технологии, получение с ее использованием первых клеточных и генно-инженерных продуктов, изучение их безопасности и проведение клинических исследований (ряд направлений, вытекающих из развития данной технологии перечислены ниже).

В биотехнологии и генной инженерии применение системы редактирования генома должно способствовать решению следующих задач в области медицинских исследований: 1) создание моделей патологий человека для выяснения механизмов заболеваний и поиска лекарственных средств и 2) генетическая коррекция мутаций в клетках человека. Особо перспективным для использования в будущем является второе направление. За последние несколько лет получен ряд экспериментальных данных, позволяющих надеяться на применение геномного редактирования для терапии многих генетически-обусловленных болезней человека. Например, уже экспериментально доказана возможность генетического редактирования клеток взрослого организма для восстановления функции печени. Другое перспективное направление – терапия хронических вирусных инфекций. Так, возможно конструирование систем, позволяющих вносить мутации в гены вирусов иммунодефицита человека, гепатита В,

герпесвирусов, которые могут находиться в организме в латентном состоянии и не поддаваться терапии, направленной на реплицирующиеся вирусы. Начаты клинические исследования по лечению анемии Фанкони, бета-талассемии, дистрофии Дюшена и некоторых других. Возможность геномного редактирования в клетках взрослого организма имеет колоссальный потенциал для развития, особенно в сочетании с технологиями репрограммирования и дифференцировки клеток. Эта технология представляется достаточно безопасной, реализуемой и в ближайшее десятилетие может из персонализированной стать универсальной, что существенно снизит стоимость терапии. На сегодняшний день компании *Bayer*, *GlaxoSmithKline*, *Novartis* и другие уже вложили более 500 млн. долларов именно в технологию CRISPR/Cas9, а специализированные в этой области компании, такие как *Editas medicine* и *Juno therapeutics* оцениваются в 700 млн. долларов. Стоимость редактирования одного гена с помощью CRISPR/Cas9 оценивается в 20-40 долларов, при этом для TALEN это составляет около 4000 долларов, а для ZFN еще выше. Ожидается, что к 2025 г. рынок геномного редактирования превысит 245 млрд. долларов (финансовые данные по материалам CRISPR Summit USA 2016).

Отдельно стоит отметить возможность редактирование генома оплодотворенной яйцеклетки (зиготы). Колоссальный успех использования редактирования генома на оплодотворенных яйцеклетках коз, свиней и других видов животных уже позволил не только создавать новые продуктивные виды, но и перейти к созданию вида свиней, у которых будут отредактированы 62 геномных района и их ткани могут стать пригодными для трансплантации человеку. Несомненно, что это даст принципиально новые возможности массового получения иммуносовместимых органов и тканей для трансплантации. Редактирование генома зиготы человека, хотя и признано принципиально возможным, пока еще вызывает много этических споров. Однако, очевидно, что с усовершенствованием технологических подходов это будет активно использоваться в ближайшие 10-15 лет для избавления семейных пар и общества от тяжелых наследственных заболеваний. В связи с этим, РФ особенно необходимо сконцентрировать государственное финансирование и контроль на этих прорывных направлениях. Своевременное развитие данных методов и технологий, обеспечение отсутствия отставания в данных областях от зарубежных исследователей крайне важно для обеспечения системы здравоохранения эффективными технологиями лечения социально-значимых заболеваний в будущем, обеспечения безопасности и социально-экономического развития страны.

2. Иммуноterapia, иммуноонкология, CAR-T-клетки

В данной области присутствуют крупные игроки, такие как *Novartis* и *Kite Pharma*, а также начинающие компании в области иммуноонкологии, такие как *Symphogen*, *CureVac*, *NovImmune* и *Jounce Therapeutics*.

Помимо основного направления использования генетического редактирования CRISPR/Cas9 в медицине предполагается применение и в других областях науки и техники. Например, *Eligo Bioscience* разрабатывает доставку CRISPR в безвредные бактериальные штаммы с использованием фагов, *Agenovir* – терапию вирусных инфекций, *Poseida Therapeutics* – лечение множественной миеломы, рака простаты, бета-талассемия.

3. Микробиом – активно развивающаяся область начиная с 2011. В 2016 г. объём венчурного финансирования в стартапы в этой сфере превысил \$616.9 млрд

Активные стартапы в данной области – *uBiome*, *Epibiome*, *Microbiome Insight*, *Metabogen*, *CosmosID* (геномные аспекты); *C3J Therapeutics* (здоровье ротовой полости); *Naked Biome*, *Azitra*, *Xycrobe* (заболевания кожи); *Vedanta Biosciences*, *Symbiotic Health*, *Eligo Bioscience*, *Enterome*, *Second Genome* (здоровье внутренних органов).

4. Точная или персонализированная медицина

Рост глобального рынка в данной области оценивается в 11.2% в год и к 2025 году достигнет \$112.62 млрд. Помимо крупных игроков, таких как *AstraZeneca*, задействованы такие стартапы, как *Inform Genomics*, *Miramix*, *Population Diagnostics*, *GenomOncology*, *Advanced Cell Diagnostics*.

5. Антимикробная терапия

Развитие антибиотикотерапии было заброшено «большой фармой» на годы после громких успехов первых поколений антибиотиков. После открытия множественной лекарственной устойчивости этот интерес появился вновь. Начиная с 2012 г., правительство США уделяет большое внимание этой проблеме. На базе частно-государственного партнёрства создан специальный акселератор [3], в задачи которого входит борьба с «супербагами» – микроорганизмами, обладающие множественной резистентностью к антимикробным препаратам. Антифунгиальная терапия также рассматривается как важное направление исследований. Планируемые затраты – \$450 миллионов в следующие 5 лет. Некоторые игроки в данной области: *Forge Therapeutics* (небольшие молекулы-ингибиторы LpxC, цинк-металлоферменты в грамм-негативных бактериях), *Cidara Therapeutics* (иммунотерапевтическая платформа для борьбы с бактериальными инфекциями), *Visterra* (терапия на основе антител), *Tetraphase Pharmaceuticals* и др.

6. Искусственный интеллект и машинное обучение

Биофармацевтическая индустрия находится в начале своего пути в мир вычислительных технологий. Однако, адаптация происходит быстрыми темпами. Крупные игроки на данном рынке – *Atomwise*, *BenevolentAI*, *NuMedii*, *Insilico Medicine*, *Envisagenics*, *Deep Genomics*, *BergHealth*.

7. Медицинское применение каннабиса

Противоречивая тема, которая в течение нескольких лет занимает внимание властей и учёных различных стран. Рынок медицинской марихуаны оценивается в \$50 миллиардов к 2025 году. Известно порядка 911 начинающих компаний в этой сфере [4].

8. Услуги по исследованию и разработкам

В настоящее время сложные технологии развиваются быстрыми темпами в нестабильной экономической обстановке. Поэтому многие компании склонны направлять проекты по исследованиям и разработкам в специализированные центры с хорошей инфраструктурой, чем достигается стабильность и экономия средств. Такими центрами, в частности могут выступать академические учреждения, либо контрактные-исследовательские организации. В рамках данных тенденций представляется актуальным создание центра масштабирования технологий с применением системы редактирования генома, в частности технологий по созданию моделей патологий человека для выяснения механизмов заболеваний и поиска лекарственных средств, а также генетической коррекции мутаций в клетках человека.

Создаются альтернативные подходы к поддержке инициатив в области исследований и разработок. Одна из таких моделей получила название «*Outcubation*», она описана в *Nature Biotechnology* в 2015 году. Действующим примером модели выступает Гейдельбергский инновационный центр [5] (<https://bio.mx/>). Он специализируется на доклинических стадиях проектов в области наук о жизни. Команды из начинающих и опытных специалистов адресно поддерживаются заказчиком из фармацевтической или иной области бизнеса с целью создания успешной команды и, возможно, новой компании-стартапа [6].

Технология редактирования CRISPR/Cas9 рассматривается как наиболее перспективная система редактирования геномов. Несмотря на то, что на начальном этапе её развития поражала сама возможность внесения значимых изменений в геном, теперь, в связи с появлением коммерческих инструментов редактирования, на повестке дня стоят задачи её применения в интересах медицины и биотехнологий.

Сама по себе технология – ещё не продукт. Для создания таких продуктов требуется надёжная индустриальная платформа, позволяющая решать содержательные задачи. Каждый из основателей технологии CRISPR/Cas9 решил применить её к

содержательным проблемам биомедицины и создал по компании, реализующей эти начинания и со-основал свой стартап, нацеленный на создание конкретных решений для терапии на базе CRISPR/Cas9: Дженифер Дудна – *Intellia Therapeutics*, Эммануэль Шарпетье – *CRISPR Therapeutics*, а Фен Жанг – *Editas Medicine* (вышли на IPO).







Далее представлены официальные сведения о дорожных картах основных игроков рынка биотехнологий (рисунки 1–3).

Our Programs	Editing Mechanism	Delivery Mode	Commercial Rights	Discovery
Eye Diseases				
Leber Congenital Amaurosis 10	NHEJ - Small Deletion	AAV local injection		
Genetic and Infectious Disease(s) of Eye <i>Usher Syndrome 2a, HSV-1</i>	NHEJ	AAV local injection		
Engineered T Cells				
Gene Editing in T Cells to Treat Cancer	NHEJ	RNP ex vivo		
Additional Research Programs				
Non-Malignant Hematologic Diseases <i>Beta Thalassemia, Sickle Cell</i>	NHEJ & HDR	RNP ex vivo		
Genetic Disease(s) of Muscle <i>Duchenne Muscular Dystrophy</i>	NHEJ - Small & Large Deletion	AAV or LNP		
Genetic Disease(s) of Lung <i>Cystic Fibrosis</i>	NHEJ & HDR	AAV or LNP		
Genetic and Infectious Disease(s) of Liver <i>Alpha-1 Antitrypsin Deficiency</i>	NHEJ & HDR	AAV or LNP		

Рисунок 1 – *Editas Medicine* концентрируется на разработках в области онкологии, заболеваниях мышц, печени, лёгких, глаз, крови и мышц

Program	Editing approach	Research	IND-enabling	Ph I/II	Partner	Structure
Ex vivo: Hematopoietic						
CTX001: β -thalassemia	Disruption			IND/CTA filing in late 2017		Collaboration
CTX001: Sickle cell disease (SCD)	Disruption					Collaboration
Hurler syndrome (MPS-1)	Correction					Wholly-owned
Severe combined immunodeficiency (SCID)	Correction					Joint venture
Ex vivo: Immuno-oncology						
CTX101: CD19-positive malignancies	Various					Wholly-owned
Immuno-oncology – Other	Various					Wholly-owned
In vivo: Liver						
Glycogen storage disease Ia (GSD Ia)	Correction					Wholly-owned
Hemophilia	Correction					Joint venture
In vivo: Other organs						
Duchenne muscular dystrophy (DMD)	Disruption					Wholly-owned
Cystic fibrosis (CF)	Correction					License option

Рисунок 2 – Дорожная карта развития *CRISPR Therapeutic*

	Programs	Commercial Rights	Type of Edit	Delivery	Status	Comments
In Vivo	Transthyretin Amyloidosis (ATTR)		Knockout	LNP	NHP Studies	<ul style="list-style-type: none"> • 2017 NHP Studies • IQ18 Lead Development Candidate Designation • IH18 IND-Enabling Activities
	Hepatitis B Virus (HBV)		Knockout	LNP	<i>In vitro</i> Guide Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • 2017 Animal Model Studies
	Alpha-1 Antitrypsin Deficiency (AATD)		Knockout Repair	LNP	Guide Design & Evaluation	
	Inborn Errors of Metabolism – Primary Hyperoxaluria (PH1)		Knockout, Repair, Insertion	LNP	Guide Design & Evaluation	
Ex Vivo	Hematopoietic Stem Cells (HSC)		Knockout Repair Insertion	Electroporation	Late Stage Preclinical Development	
	Chimeric Antigen Receptor T Cell (CAR T)		Knockout Insertion	Electroporation	Preclinical Development	

*The table illustrates our discovery programs and opportunities as of October 10, 2017.

Рисунок 3 – Дорожная карта развития *Intellia Therapeutics*.

Компания Exonics Therapeutics [7], основанная в феврале 2017 года, сосредоточена на дистрофии Дюшена.

Приятно отметить, что ряд российских учёных работает не только над новыми методами применения технологии CRISPR/Cas9, но и над развитием, собственно, технологии. Было идентифицировано шесть новых субтипов CRISPR–Cas [8].

В Китае осуществляются разработки (успешные и вызвавшие международный резонанс) технологии редактирования эмбрионов человека, например, с целью придания им устойчивости к ВИЧ [9][10]. Широко обсуждаются этические аспекты вмешательства в геномы эмбрионов человека [11].

Согласно оценкам института статистики ЮНЕСКО, Всемирной Организации Интеллектуальной Собственности [12], а также журнала *Genetic Engineering & Biotechnology News* [13], [14], [15], [16], [17] лидирующие позиции в области

биотехнологии занимают США и Китай, на долю которых приходится максимальное количество выданных патентов, компаний, специализирующихся в данной области. Кроме того, Китай показывает наибольшие объемы государственного финансирования в данной области.

Россия по объёму государственного финансирования в области биотехнологии занимает 10-е место в мире.

По показателю удельного веса затрат на науку в ВВП (1,1%) Россия существенно отстает от ведущих стран мира, находясь на 35-м месте. В пятерку лидеров входят Израиль (4,25%), Республика Корея (4,23%), Швейцария (3,42%), Япония (3,29%) и Швеция (3,28%) [18] (рисунок 4).

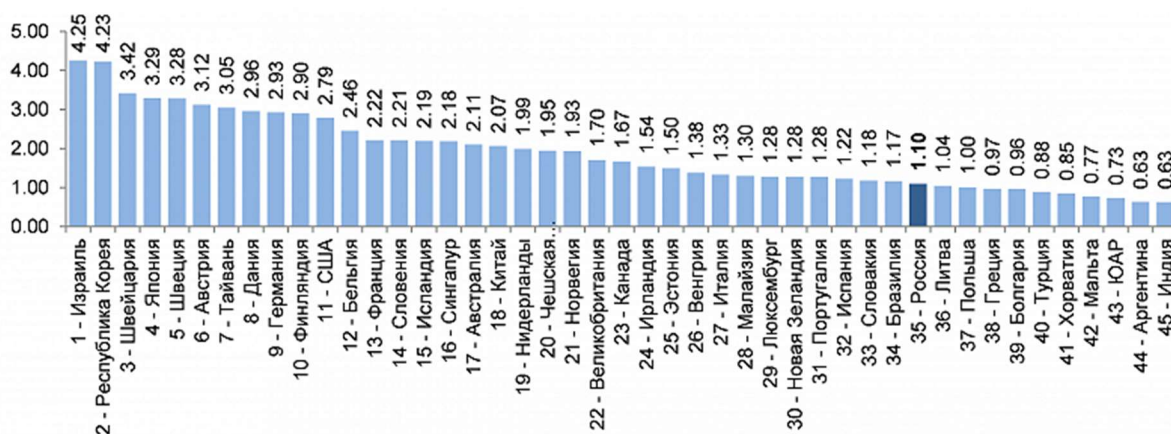


Рисунок 4 – Внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к ВВП по странам: 2016

Согласно НИИ ВШЭ общая занятость в сфере исследований и разработок составляет 722,000 человек (доля занятых в области биотехнологии не определена) [18].

Ниже приведена подробная сравнительная таблица (таблица 1) степени развития различных стран в области биотехнологий по нескольким показателям (общее число занятых сотрудников, число компаний, объем государственного и негосударственного финансирования, число патентов в данной области).

Таблица 1 – Развитие различных стран в области биотехнологии

Страна	Общее число сотрудников в биотех.	Число компаний в биотех. кластерах	Гос. финансирование млн.\$/год	Негос. финансирование (венчурный капитал)	Патенты, число (учитываются патенты, где есть хотя бы

	кластерах			млн.\$/год	один заявитель данного кластера)
Россия [19]	213,142	531	\$40,000	н/д	3,417
США	577,754	17,783	\$479,000	\$6,000	37,309
Китай	250,000– 2,000,000	7,500	\$371,000	н/д	18,459
Япония	878,000	н/д	\$170,082	н/д	14,305
Южная Корея	760,000	456	\$74,218	н/д	7,627
Великобритания	235,000	1,857	\$44,000	\$868	8,105
Германия	151,475	1,305	\$110,000	\$242	1,482
Сингапур	н/д	100	\$12,227	н/д	1,838
Франция	98,810	600	\$60,000	\$326	4,081

Для понимания перспектив развития области в биотехнологии в России необходимо четко определить основные драйверы и ограничители развития данного научного направления. Согласно данным *Frost and Sullivan* выделяют следующие ключевые драйверы и ограничители [20]:

А. Драйверы

- Растущие расходы государства на закупку дорогостоящих препаратов по программам дополнительного лекарственного обеспечения (ДЛО).
- Государственное финансирование программ импортозамещения биотехнологических лекарств.
- Кластерная политика, способствующая привлечению зарубежных инвестиций (в России на данный момент создано около биотехнологических 10 кластеров).
- Инвестиции институтов развития, позволяющие обеспечить финансирование молодых инновационных компаний, а также организовать трансфер зарубежных технологий.
- Расширение национального календаря прививок, стимулирующее рост рынка вакцин.

- Фокус на превентивную медицину способствует расширению сегмента лабораторной диагностики, включая создание новых диагностических систем, поиск новых биомаркеров.
- Растущее число хирургических вмешательств как фактор роста спроса на медицинские изделия из биосовместимых и биоразлагаемых материалов.
- Развитая отечественная индустрия информационных технологий и биоинформатики.
- Интенсивное развитие сельского хозяйства в РФ.

Б. Ограничители

- Высокие логистические издержки и неразвитость таможенного регулирования не позволяют в короткий срок обеспечить поставки необходимого оборудования, материалов, реагентов.
- Неблагоприятная макроэкономическая и политическая ситуация создают риски при реализации инвестиционных проектов в России.
- Устаревшая промышленная база отечественных биотехнологических компаний.
- Высокая зависимость от импорта, например, в области производства биотехнологических субстанций.
- Недостаток квалифицированных кадров.
- Отсутствие современных образовательных программ препятствует внедрению биотехнологий на действующих производствах.
- Существенный дефицит финансирования НИОКР, в частности подразделений РАН.
- «Половинчатость» государственных программ поддержки НИОКР, которая не позволяет довести разработки до стадии коммерциализации и организации промышленного производства новой продукции.
- Неясные правила локализации для иностранных биофармацевтических компаний, а также отсутствие аналогичных программ в других сегментах биотехнологий, не стимулируют приток прямых иностранных инвестиций в экономику РФ.
- Отсутствие современного законодательства, стандартов и технических регламентов, экологических стандартов, сдерживает развитие отдельных

сегментов биотехнологии (например, биodeградируемые полимеры, биологические средства защиты растений, клеточные технологии и др.).

- Отсутствие государственных стимулов по использованию биотехнологий.
- Непрозрачный механизм государственных закупок вместе с отсутствием гарантированного сбыта – факторы, сдерживающие частные компании инвестировать в разработки. Между тем, в области биофармацевтики, наличие спроса со стороны государства и механизма лекарственного страхования – основной драйвер роста для инновационных компаний.
- «Перекося» в сторону информационных технологий на рынках венчурного капитала и недостаток инвестиций в биотехнологии.

Таким образом, перспектива развития биотехнологий в России и место России в мире в данной области прямо зависит от быстрого и эффективного снятия вышеупомянутых ограничений.

Ключевые индикаторы

При составлении плана мероприятий по проекту “Развитие биотехнологий и генной инженерии” можно рекомендовать в качестве ключевых индикаторов следующие пункты (частью используемые Организацией Экономического Сотрудничества и Развития [21]):

И1. Биотехнологические предприятия*

И1.1. Количество предприятий, работающих в области биотехнологии

И1.2. Доля малых биотехнологических предприятий (число сотрудников менее 50) от общего количества предприятий в области биотехнологии

И2. НИОКР в области биотехнологии

И2.1. Расходы на НИОКР в области биотехнологии в бизнес-секторе

И2.2. Интенсивность НИОКР в области биотехнологии в бизнес-секторе (рассчитывается как соотношение расходов на НИОКР в области биотехнологии в бизнес-секторе к добавленной стоимости продукции области биотехнологии, шкала от 0 до 1, где 0 – минимальная интенсивность НИОКР, 1 – максимальная интенсивность НИОКР)

И2.3. Процент НИОКР в области биотехнологии в сфере услуг (под сферой услуг подразумеваются биотехнологические предприятия, выполняющие на заказ различные исследования и разработки для других биотехнологических компаний, например, проводящие на заказ

доклинические испытания, разрабатывающие на заказ рекомбинантные белки, антитела и др.)

И2.4. Процент расходов на НИОКР в области биотехнологии, выполняемых малыми биотехнологическими / научно-исследовательскими предприятиями.

И3. НИОКР в области биотехнологии в государственном секторе

И3.1. Внутренние затраты на НИОКР в области биотехнологии в государственном секторе и секторе высшего образования.

И3.2. Доля внутренних затрат на НИОКР в области биотехнологии в государственном секторе и секторе высшего образования от общего количества затрат в данных секторах.

И4. Направления биотехнологических исследований

И.4.1. Доля биотехнологических предприятий определенного направления от общего количества биотехнологических предприятий (направления: медицина, сельское хозяйство, промышленность, окружающая среда)

И.4.2. Доля НИОКР определенного направления от общего числа НИОКР в области биотехнологий

И5. Патенты, полезные модели, ноу-хау (НТИ) в области биотехнологий.

И5.1. Доля российских НТИ в области биотехнологий от общего количества НТИ в области биотехнологии в мире

И5.2. Технологическое преимущество в биотехнологиях России (рассчитывается как соотношение доли российских НТИ в области биотехнологий от общего количества НТИ в области биотехнологии в мире к доле всех российских НТИ от общего количества всех НТИ в мире)

И6. Публикации в области биотехнологий.

И5.1. Доля публикаций в российских и зарубежных изданиях в области биотехнологий с участием российских авторов (аффилиация в российской научной организации) от общего количества публикаций в области биотехнологии в мире.

И5.2. Научная активность в области биотехнологии в России (рассчитывается как соотношение количества публикаций с участием российских авторов в области биотехнологии в мире от общего количества публикаций с участием российских авторов в мире).

*Под предприятиями, работающими в области биотехнологии, подразумеваются предприятия использующие биотехнологии для продукции товаров или услуг и/или выполняющие НИОКР в области биотехнологий.

Литературные источники

1. [No title] [Электронный ресурс]. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-2017-life-sciences-outlook-infographic.pdf> (дата обращения: 25.10.2017).
2. Biotechnology Market Worth \$727.1 Billion By 2025 | Growth Rate: 7.4% [Электронный ресурс]. URL: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-biotechnology-market> (дата обращения: 25.10.2017).
3. RTI International. CARB-X [Электронный ресурс]. URL: <http://www.carb-x.org/> (дата обращения: 25.10.2017).
4. Marijuana Startups [Электронный ресурс] // AngelList. URL: <https://angel.co/marijuana> (дата обращения: 25.10.2017).
5. BioMed X. BioMed X – Biomedical innovation outside the pharma box [Электронный ресурс] // BioMed X. URL: <https://bio.mx> (дата обращения: 25.10.2017).
6. Betz U.A.K., Tidona C.A. Outcubation—where incubation meets outsourcing // Nat. Biotechnol. Nature Publishing Group, 2015. Т. 33, № 1. С. nbt.3112.
7. About Duchenne Muscular Dystrophy - Exonics Therapeutics [Электронный ресурс] // Exonics Therapeutics. URL: <http://exonicstx.com/programs/dmd/> (дата обращения: 25.10.2017).
8. Shmakov S. и др. Diversity and evolution of class 2 CRISPR–Cas systems // Nat. Rev. Microbiol. 2017. Т. 15, № 3. С. 169–182.
9. Callaway E. Second Chinese team reports gene editing in human embryos // Nature News. 2016.
10. Website [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nature.com/nature/journal/v548/n7668/full/nature23533.html> (дата обращения: 25.10.2017).
11. Cyranoski D. Ethics of embryo editing divides scientists // Nature News. 2015. Т. 519, № 7543. С. 272.
12. Статистика в области интеллектуальной собственности [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wipo.int/ipstats/ru/> (дата обращения: 25.10.2017).
13. Top 10 U.S. Biopharma Clusters | The Lists | GEN [Электронный ресурс] // GEN.

2017. URL: <https://www.genengnews.com/the-lists/top-10-us-biopharma-clusters/77900917> (дата обращения: 25.10.2017).
14. Life sciences industry trends [Электронный ресурс] // JLL. URL: <http://www.us.jll.com/united-states/en-us/research/industry/life-sciences-companies> (дата обращения: 25.10.2017).
15. Top Eight Asia Biopharma Clusters 2017 | The Lists | GEN [Электронный ресурс] // GEN. 2017. URL: <https://www.genengnews.com/the-lists/top-eight-asia-biopharma-clusters-2017/77900935> (дата обращения: 25.10.2017).
16. Top 10 European Biopharma Clusters | The Lists | GEN [Электронный ресурс] // GEN. 2017. URL: <https://www.genengnews.com/the-lists/top-10-european-biopharma-clusters/77900926> (дата обращения: 25.10.2017).
17. FFunction. How much does your country invest in R&D? [Электронный ресурс]. URL: http://www.uis.unesco.org/_LAYOUTS/UNESCO/research-and-development-spending/index-en.html (дата обращения: 25.10.2017).
18. Современное состояние опытной базы российской науки [Электронный ресурс]. URL: <https://issek.hse.ru/news/210424788.html> (дата обращения: 25.10.2017).
19. Website [Электронный ресурс]. URL: <https://map.cluster.hse.ru/> (дата обращения: 25.10.2017).
20. [No title] [Электронный ресурс]. URL: https://www.rvc.ru/upload/iblock/e21/20141020_Russia_Biotechnology_Market_fin.pdf (дата обращения: 25.10.2017).
21. Key biotechnology indicators - OECD [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oecd.org/sti/biotech/keybiotechnologyindicators.htm> (дата обращения: 25.10.2017).