**ОТ РЕДАКЦИИ:**

Любая публикация по мейнстримному направлению науки имеет более высокую ожидаемую цитируемость... При решении вопросов, на какие исследования дать деньги, распорядители бюджетов отдают предпочтения наиболее динамично развивающимся направлениям научно-технологической сферы...

Поэтому в каждом номере нашего журнала мы будем рассказывать о новых мейнстримах глобальной науки...

А.В. КОМАРОВА,

научный сотрудник Центра научно-технической экспертизы РАНХиГС, г. Москва, Россия,
ava1945@mail.ru

М.В. ГАЛЯМОВА,

научный сотрудник Центра научно-технической экспертизы РАНХиГС, г. Москва, Россия

О.В. ЧЕРЧЕНКО,

Дирекция НТП Минобрнауки России, г. Москва, Россия

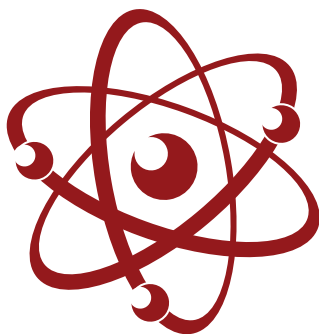
РАЗВИТИЕ ОПТОГЕНЕТИКИ В МИРЕ И В РОССИИ: ИССЛЕДОВАТЕЛИ-ЛИДЕРЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДРАЙВЕРЫ

УДК 025.4.03

Комарова А.В., Галямова М.В. Развитие оптогенетики в мире и в России: исследователи-лидеры и технологические драйверы (Центр научно-технической экспертизы РАНХиГС, г. Москва, Россия; Дирекция НТП Минобрнауки России, г. Москва, Россия)

Аннотация. Выполнен наукометрический и патентный анализ нового перспективного научного направления «оптогенетика» с использованием библиометрических баз данных Web Of Science и Scopus, а также таких аналитических продуктов, как Essential Science IndicatorsSM (ESI), SciVal Spotlight, Orbit. Установлена сложившаяся на сегодняшний день структура научных коллективов — драйверов развития разработок в этой области. Предложен план мероприятий по развитию оптогенетики в России с учетом страновых возможностей.

Ключевые слова: оптогенетика, наукометрический анализ, патентный анализ, библиометрические базы данных, Web of Science, Scopus, Orbit, SciVal, технологические драйверы, научные заделы России.



Первые публикации по оптогенетике появились в 2006–2007 гг., и уже в 2010 г. журнал «Nature Methods» признал оптогенетику «научным методом года» [1]. Примерно в то же время в статье журнала «Science» оптогенетика была названа «прорывом десятилетия» («Breakthrough of the Decade») [2]. Ожидается, что результаты разработок в данной научной области смогут создать новые промышленные рынки уже в краткосрочной перспективе.

Оптогенетика — метод, объединяющий подходы генетики и оптики для тонкого контроля электрической активности электровозбудимых клеток (нейронов и мышечных волокон) [3]. Данное научное направление является в высокой степени мультидисциплинарной областью и складывается из 3 основных векторов исследований:

1) изучение и использование белков-каналов, способных управлять (возбуждать/тормозить) активностью клеток (нервных, мышечных и т.д.),

© А.В. Комарова,
М.В. Галямова, 2015 г.

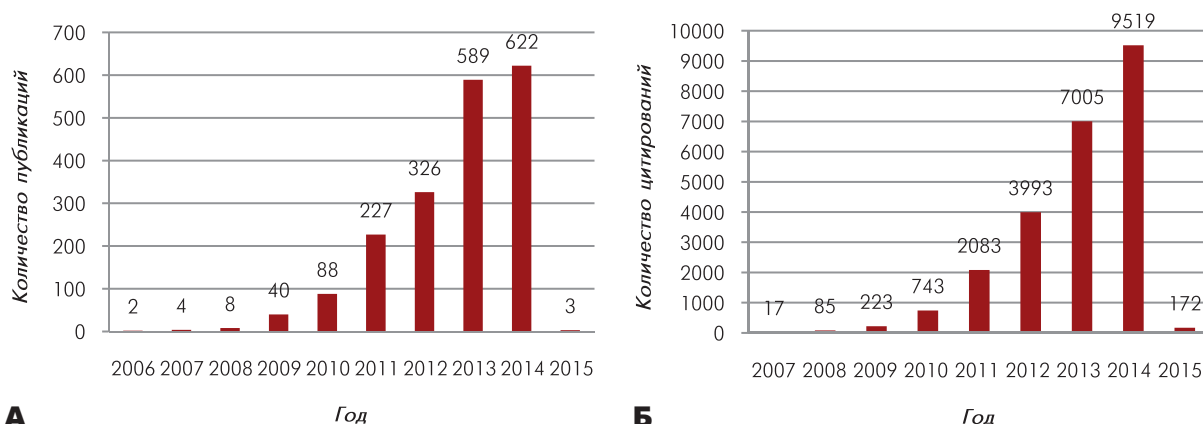


Рис. 1. Динамика объема публикационного потока по направлению «оптогенетика» за 2006–2015 гг.: А — количество опубликованных работ в год, Б — количество цитирований в год (Источник: Web Of Science. Данные актуальны на 21.01.2015)

2) способы доставки таких белков внутрь клетки-мишени,

3) источники возбуждающего света и способы обеспечения его действия в заданной локализации (фотоника).

Анализ научной литературы, посвященной достижениям ведущих мировых университетов, лабораторий и ученых, позволил выявить следующие применения направления оптогенетики, способные сформировать новые глобальные рынки:

- разработка новых лекарственных средств для лечения заболеваний головного мозга [4], зрительных дисфункций [5];
- использование технологий оптогенетики для лечения сердечно-сосудистых заболеваний за счет управления светом двигательной активностью гладкой мускулатуры сердца (использование оптогенетики для задания ритмической активности) [6];
- получение новых данных для развития области суперкомпьютеров, робототехники за счет раскрытия основных способов реализации свойств и функций человеческого мозга — создание карт взаимосвязей между нейронами, отдельными частями мозга, в результате чего формируется конечный физиологический акт [7, 8].

Основной целью данной статьи являлось выполнение наукометрического и патентного анализа научного направления «оптогенетика»,

а также выявление сложившейся на сегодняшний день структуры научных коллективов — драйверов разработок в данной области знаний.

Для выполнения исследования использовали библиометрические базы данных — *Web Of Science* и *Scopus*, а также аналитические сервисы *Essential Science IndicatorsSM* (ESI), *SciVal Spotlight* и патентную базу данных *Orbit*.

Анализ публикационной активности в мире в области оптогенетики

Первые печатные работы по оптогенетике начали появляться в 2006–2007 гг., и с тех пор публикационный поток возрастает экспоненциально (рис. 1А). Общее количество публикаций за 9 лет составило более 1900 статей (по данным *Web Of Science* на 21.01.2014). Наиболее «ядерными» для исследователей являются такие журналы, как «*Journal of Neuroscience*», «*Nature Neuroscience*», «*Neuron*», «*Nature*». Все они принадлежат к группе высокорейтинговых журналов мира, которые публикуют только самые передовые научные данные, отслеживают важные новые тенденции в исследованиях и служат показателями научного прогресса.

Цитируемость работ по научному направлению «оптогенетика» также экспоненциально возрастает с каждым годом (рис. 1Б). Показатель средней цитируемости составляет

Таблица 1

**Показатели публикационной активности
по научному направлению «оптогенетика»**

Общее количество статей	1909
Суммарное количество цитирований	23903
Суммарное количество цитирований без цитирования собственных статей	14478
Средняя цитируемость	12,52
h-индекс	73

Источник: Web Of Science. Данные актуальны на 21.01.2015

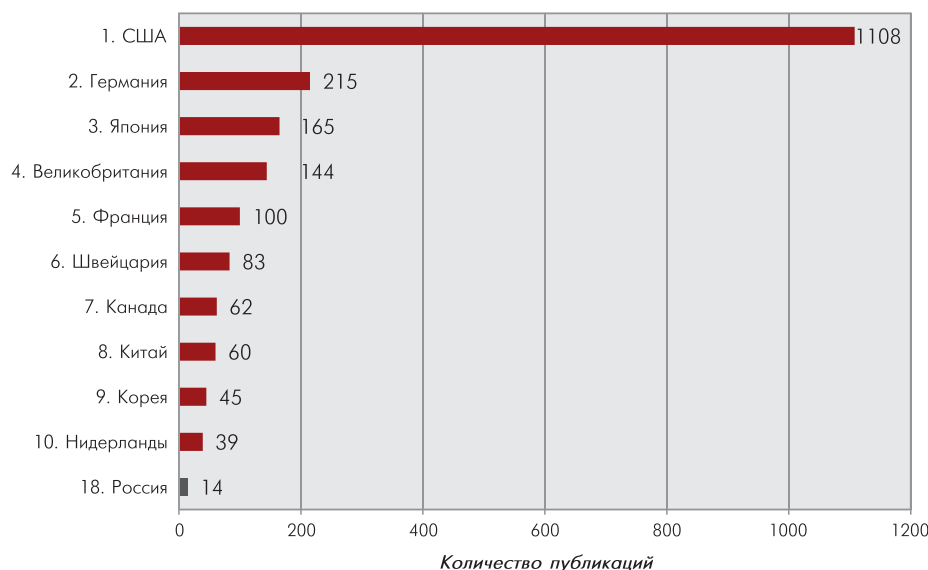


Рис. 2. Распределение количества публикаций научного направления «оптогенетика» по странам (Источник: Scopus. Данные актуальны на 19.01.2015)

12,52, а индекс Хирша (h-index) по данному научному направлению достигает показателя 73 (табл. 1), что говорит о высоком уровне интереса научного сообщества к данной теме.

По состоянию на 19.01.2015 несомненным лидером направления «оптогенетика» по количеству публикаций являются США (данные Scopus). На счету ученых этой страны находится более 1100 публикаций, то есть около 60% от общего числа статей по данному направлению. Германия занимает второе место по количеству публикаций, но ее показатели в 5 раз меньше, чем у США. У остальных стран, попадающих в десятку самых продуктивных по данному направлению, число публикаций еще меньше и их суммарное

количество не превышает данный показатель для США. Россия имеет 14 статей по состоянию на 19.01.2015 и занимает 18-е место по количеству публикаций (рис. 2).

Распределение количества публикаций научного направления «оптогенетика» по организациям, с которыми аффилированы авторы, территориально во многом повторяет структуру распределения количества публикаций по странам. Наибольшее количество публикаций (155) по научному направлению «оптогенетика» имеет Стенфордский университет (США), по данным Scopus на 19.01.2015 (рис. 3). Вдвое меньшее количество публикаций приходится на Массачусетский институт технологии (США), третье место занимает Калифорнийский университет



Рис. 3. Распределение количества публикаций научного направления «оптогенетика» по научным организациям, с которыми аффилированы авторы
(Источник: Scopus. Данные актуальны на 19.01.2015)

(США). В двадцатку организаций с большим количеством опубликованных работ также входят университеты Франции (Национальный центр научных исследований Франции и Французский институт здоровья и медицинских исследований), Германии (Берлинский университет имени Гумбольдта), Японии (Японское научно-техническое агентство), Швейцарии (Институт имени Фридриха Мишера). Лучшим российским научным институтом в данной области является Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова. Однако на счету ученых этого учреждения всего 5 публикаций, и он не вошел даже в топ-160 лучших учреждений.

Высокую перспективность исследований по оптогенетике подтверждает и анализ исследовательских фронтов в БД *Essential Science IndicatorsSM* (ESI). По данным ESI, 28 публикаций по направлению «оптогенетика» относятся к числу высокоцитируемых и 1 статья — к «hot paper». Удалось обнаружить 5 фронтов исследований по оптогенетике. Четыре фронта из пяти сформировались в последние 3 года (2011–2013 гг.). Все фронты имеют достаточно высокий уровень цитирования на статью.

Все полученные данные позволяют сделать вывод о высоком уровне проводимых научных исследований по направлению «оптогенетика», о взрывном характере развития направления и неуклонном и все возрастающем интересе научного сообщества к данной тематике.

Анализ компетенций стран мира в области оптогенетики

С помощью аналитического приложения к БД *Scopus — SciVal* для всех стран мира был проведен анализ компетенций с ключевыми словами «optogenetic» («оптогенетика») или «photic stimulation» («световая стимуляция»). Компетенций с ключевым словом «optogenetic» («оптогенетика») выявлено не было. Это может быть связано с особенностью метода выделения компетенций для стран мира, а именно, с количеством работ в данной научной области. Количество работ по оптогенетике на данный момент может быть значительно ниже по сравнению с другими темами, выделенными в качестве компетенций для стран мира. В свою очередь для более широкого направления «световая стимуляция» («photic stimulation»), частью которого можно назвать и «оптогенетику», было

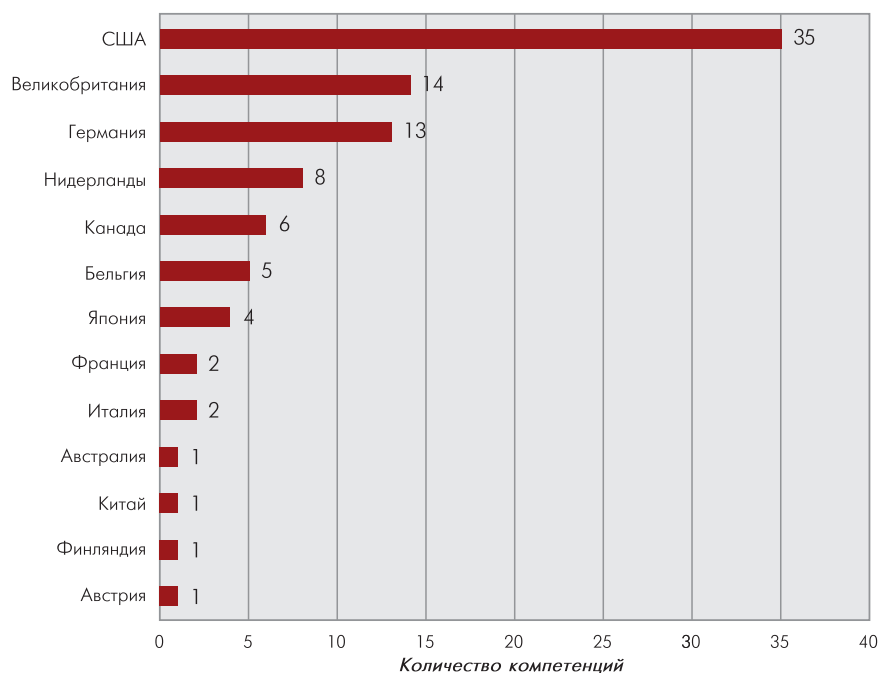


Рис. 4. Распределение по странам компетенций в области «световой стимуляции».
Поисковый образ: «photic stimulation», анализ проводился по работам, опубликованным в 2009–2013 гг. (Источник: SciVal. Данные актуальны на 31.07.2014)

найдено 93 компетенции. Распределение по странам результатов поиска компетенций показано на рисунке 4.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что лидером по количеству компетенций с ключевым словом «photic stimulation» являются США (всего 35 компетенций). С большим отставанием следуют Англия (14), Германия (13), Нидерланды (8), Канада (6), Бельгия (4) и Япония (4). Для России в данной области компетенции не найдены. Это говорит об отсутствии научных результатов мирового уровня, а также о низком уровне публикационной активности отечественных ученых, работающих в данной тематике.

В ходе детального анализа найденных компетенций с поисковым образом «photic stimulation» была выявлена 1 компетенция США (DC#444) с ключевым словом «optogenetics». Таким образом, несмотря на то, что глобальный поиск не дал результатов по запросу с ключевым словом «optogenetic», такие компетенции в мире есть. Можно сделать вывод, что для получения достоверной информации необходимо проводить не только аппаратный

отбор с помощью электронных ресурсов, но и последующий более детальный экспертный анализ.

Анализ компетенции ведущего научного центра по оптогенетике — Стенфордского университета

Проведенный анализ публикационной активности в области «оптогенетики» показал, что лидирующее положение занимает Стенфордский университет (США). С помощью аналитического приложения SciVal были проанализированы компетенции для данного университета и найдена одна, в которой участвует Карл Диссейрот (Karl Deisseroth), который считается основателем оптогенетики и занимает лидирующие позиции по количеству публикаций и цитируемости. За время своей научной деятельности он опубликовал 180 научных статей, из них 130 — по направлению «оптогенетика». Суммарный индекс Хирша работ К. Диссейрота, опубликованных после 1995, составляет 63 (данные Scopus по состоянию на 11.02.2014). По данным

Таблица 2

Основные количественные характеристики статей, сформировавших компетенцию DC#40 Стенфордского университета (ключевые слова: Optogenetics; Neurons; Light)

	Количество статей	Ежегодный рост	Количество цитирований
Статьи, опубликованные в мире	2446	+22,1%	35 965
Статьи, опубликованные в США	1406	+22,3%	27 568
Статьи, опубликованные в Стенфордском университете (Stanford University)	136	+15,8%	6907

Источник: SciVal. Данные актуальны на 10.06.2014

WOS от 12.02.2014: количество публикаций К. Диссейрота равно 206, среднее количество цитирований на публикацию — 70,9, индекс Хирша — 61.

Публикационная активность в данной компетенции свидетельствует о возрастающем интересе не только со стороны ученых Стенфордского университета, но и мирового сообщества (табл. 2). На долю публикаций Стенфордского университета в этой компетенции приходится около 5% от общего количества публикаций, при этом количество цитирований работ, выполненных учеными данного научного учреждения, составляет 15% от общего количества цитирования всех публикаций по данной теме. Также из данных таблицы 2 видно, что ежегодный рост количества публикаций в этой области наблюдается не только в Стенфордском университете, но и во всем мире. Темпы роста достаточно высоки (более 20% в год), что свидетельствует о высоком потенциале новых открытий.

В топ-10 авторов по оптогенетике (компетенция DC#40 Стенфордского университета, по данным SciVal, актуальны на 10.06.2014) входят ученые из Стенфордского университета — Диссейрот К. и Шеной К.В. (Shenoy K.V.), вслед за ними располагаются Хегеманн П. (Hegemann P.) из Берлинского университета имени Гумбольдта, Бойден Э.С. (Boyden E.S.) из Массачусетского технологического института. В этом списке присутствуют не только ученые из США и Германии, но и Китая (Мартинс Р.П. (Martins R.P.) и Син С. (Sin S.) из Университет Макао на 9 и 10 местах, соответственно).

Установление контактов и налаживание сотрудничества с приведенными выше учеными являются важным шагом на пути развития оптогенетики в России за счет усваивания опыта зарубежных коллег.

В топ-10 авторов из уже сотрудничающих со Стенфордским университетом организаций по направлению компетенции DC#40 входят ученые Германии, США, Швейцарии, Польши. Среди авторов, с которыми потенциально можно было бы сотрудничать Стенфордскому университету, выявлены ученые из Англии, Германии, Америки и Китая. Важно отметить, что в состав такого потенциально перспективного виртуального научного коллектива включен один ученый из России — Желтиков А.М. из Московского государственного университета, который возглавляет лабораторию, использующую оптогенетические методы.

Анализ ведущих научных центров по оптогенетике в Российской Федерации

В России функционируют несколько лабораторий, в которых начали осваивать и совершенствовать подходы оптогенетики, активно развиваемые в США и других зарубежных странах. В 2012 г. была официально открыта лаборатория молекулярной нейродегенерации Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ) под руководством Ильи Борисовича Безprozванного, где была разработана методическая база для осуществления оптогенетических исследований. Руководитель лаборатории

И.Б. Безпрозванный также является профессором Юго-Западного медицинского центра Университета Техаса (США). Сотрудники лаборатории молекулярной нейродегенерации прошли стажировку в американской лаборатории Безпрозванного. Отлаженные в данной лаборатории оптогенетические методы применяются для изучения нейродегенеративных заболеваний, таких как, например, болезнь Альцгеймера, болезнь Хантингтона и спинномозжечковые атаксии.

Еще одним центром развития научного направления «оптогенетика» становится Москва, где ученые четырех лабораторий из различных институтов и университетов объединились и выиграли в 2013 г. конкурс проектов комплексных междисциплинарных фундаментальных исследований в области молекулярной и клеточной организации биологических структур и процессов (КОМФИ). Руководителем комплексного проекта «Нейрооптогенетика: интеграция новых подходов в оптике и молекулярной генетике для исследований функций мозга и его пластичности» (№ 13-00-40332-К) [9] выступает Балабан Павел Милославович из Лаборатории клеточной нейробиологии обучения Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Наряду с традиционными электрофизиологическими методами, в лаборатории активно применяются оптические методы регистрации и конфокальная микроскопия. Ведется активное сотрудничество с зарубежными коллегами: с Йельским университетом (США) в области оптических методов, с Институтом нейрофизиологии Университета в Бохуме (Германия) и с университетом Коннектикута (США) в области синаптических механизмов пластичности. В составе комплексного проекта Балабан П.М. будет руководить научным проектом № 13-04-40332-Н под названием «Технологии нейрооптогенетики для исследования клеточных и синаптических механизмов нейропластичности».

Помимо этого, в выполнении данного комплексного проекта будут участвовать еще 3 лаборатории под руководством таких ученых, как Белоусов Всеволод Вадимович, Анохин Константин Владимирович и Желтиков Алексей Михайлович.

Руководитель группы биологии активных форм кислорода Института биоорганической химии РАН В.В. Белоусов возглавит работу над проектом № 13-04-40333-Н под названием «Генетически кодируемые флуоресцентные сенсоры для нейробиологии». Руководитель отдела нейронаук НИЦ «Курчатовский институт», заведующий лабораторией нейробиологии памяти НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН К.В. Анохин возглавит работу над проектом № 13-04-40334-Н под названием «Клеточный биоимиджинг в когнитивных нейронных сетях живого мозга».

Последним участником комплексного проекта по оптогенетике выступит А.М. Желтиков, который вошел в топ-10 ученых, рекомендованных ресурсом SciVal для сотрудничества со Стенфордским университетом по «оптогенетике». Он является профессором физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и физического факультета Техасского университета A&M, США (Department of Physics, Texas A&M University, USA). Под его руководством будет выполняться проект № 13-04-40335-Н под названием «Нейрофотоника: новые оптические методы функциональной диагностики мозга».

Таким образом, существенную роль в развитии такого направления, как оптогенетика, на территории Российской Федерации играет создание мультидисциплинарного научного коллектива, в который должны входить биофизики, изучающие светочувствительные белки, физиологи высшей нервной деятельности, специалисты по генетически кодируемым флуоресцентным сенсорам и физики, способные наладить необходимую тонкую систему освещения.

Патентный анализ развития оптогенетики в мире

Для направления характерен взрывной характер динамики патентования. Первый патент на технологию, связанную с оптогенетикой, появился в 2007 г. Всего за неполных 8 лет, по данным БД Орбит, актуальными на 24.10.2014 были зарегистрированы 63 патентных документа, причем большая часть — в 2012, 2013 и 2014 гг.

Анализ топ-30 патентообладателей по оптогенетике выявил, что подавляющее большинство патентов принадлежат научно-исследовательским институтам и университетам (Источник: *Orbit*. Данные актуальны на 24.10.2014). Наибольшее количество патентов у двух американских ученых, которые выполняют совместные исследования в Стэнфордском университете, — Дэвид Мишелевич (David J. Mischelevich) и Карл Диссейрот. Компаний, обладающих патентами в области оптогенетики и входящих в топ 30, всего 5:

- NEUROTREK (методы и системы для прямого общения) [10],
- NOVARTIS FORSCHUNGSSTIFTUNG (доставка генетического материала и экспрессия белков в клетках-палочках сетчатой оболочки глаза) [11],
- MEDTRONIC (разработка мозговых имплантов для лечения неврологических заболеваний) [12],
- OPTOMAK (оптоволоконная канюля для доставки света к глубинным слоям головного мозга) [13],
- MLED (разработка LED источников света для оптогенетических исследований) [14] и др.

К настоящему времени весьма ограниченное число стран успело развернуть активные исследования и получить охраноспособные результаты по данному перспективному направлению. Это делает направление крайне не перспективным для инициации активности российских разработчиков и инвесторов по освоению технологического рынка. Примером могут послужить исследовательские центры Южной Кореи и Китая, которые почти мгновенно отреагировали на появление прорывных результатов США.

Анализ патентной активности в базе данных Orbit показал, что заявители из США активно патентуют свои технологические решения в области оптогенетики не только в США, но и в Китае, Австралии, Японии, Новой Зеландии, Канаде, в Европейском патентном ведомстве.

Стоит отметить, что большая часть патентных документов по оптогенетике являются заявками на патент, что является важным критерием технологических перспектив направ-

ления. Количество заявок превышает уже выданное количество патентов более чем в три раза.

Такая структура патентного поля является крайне благоприятной для развития направления «оптогенетика» в России с дальнейшим закреплением прав за отечественными учеными, университетами и высокотехнологичными компаниями.

Рекомендации по развитию и администрированию оптогенетики в РФ

«Промежуточный» статус многих технологических решений, напрямую связанных с направлением «оптогенетики», а также небольшое количество полученных патентов являются шансом для России войти в мировую систему производства новых знаний и технологий, стать драйвером разработок и завоевать значительную часть мирового рынка продуктов, основанных на применении оптогенетики.

Научные и технологические аспекты развития данного направления включают ряд дисциплин, для которых уже разработаны комплексные документы, а именно, план мероприятий («дорожная карта») «Развитие биотехнологий и геной инженерии» [15] и план мероприятий («дорожная карта») «Развитие оптоэлектронных технологий (фотоники)» [16]. Реализация указанных программных документов создаст условия для развития оптогенетики на территории РФ и получения ведущих мировых научных результатов с последующей технологизацией прорывных открытий.

В качестве рекомендаций по развитию научного направления «оптогенетика» на территории Российской Федерации предлагается следующий комплекс мероприятий:

1. Создание корпуса отечественных специалистов, обладающих необходимыми компетенциями для развития оптогенетики:

- разработка требований к профессиональной компетенции в области оптогенетики;
- организация сотрудничества профильных образовательных учреждений с центрами превосходства и региональными центрами в части

оптогенетики, поддержка стажировок молодых исследователей и аспирантов, в том числе в области оптогенетики, в ведущих образовательных, научных и инновационных центрах мира.

2. Развитие экспериментальной базы, производственного потенциала и производственной кооперации:

- разработка плана создания отраслевых центров, осуществляющих демонстрационную, консультационную и учебную деятельность в области технологий оптогенетики, разработку и адаптацию этих технологий в интересах организаций отрасли, а также продвижение технологий в широкую практику;

- увеличение числа проектов, связанных с оптогенетикой, финансируемых через государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» и федеральное государственное автономное учреждение «Российский фонд технологического развития».

3. Поддержка научных центров в регионах:

- утверждение порядка и условий предоставления субсидий из федерального бюджета на создание и поддержку деятельности пилотных центров в сфере оптогенетики;

- разработка региональных программ по внедрению методов оптогенетики в исследовательскую деятельность в области здравоохранения, оборонной промышленности и в сфере высоких технологий;

- создание систем мониторинга реализации региональных программ по внедрению методов оптогенетики в исследовательскую деятельность в области здравоохранения, оборонной промышленности и в сфере высоких технологий;

- мониторинг реализации региональных программ по внедрению методов оптогенетики в исследовательскую деятельность в области здравоохранения, оборонной промышленности и в сфере высоких технологий.

4. Развитие международного сотрудничества:

- разработка плана мер по организации международного сотрудничества в области развития оптогенетики с ведущими мировыми лидерами в данной области: в Америке — со Стенфордским университетом, Массачусетским институтом технологии, Калифорнийским университетом, в Германии — с Берлинским университетом имени Гумбольдта, в Японии — с Агентством науки и технологий Японии, в Швейцарии — с Институтом имени Фридриха Мишера;

- развитие сотрудничества участников технологической платформы в области оптогенетики с технологической платформой «Human Brain Project» Европейского союза, в том числе в рамках совместной программы Европейского союза и России «Партнерство для модернизации»;

- организация и содействие участию в тематических выставках и презентациях, проводимых в сфере оптогенетики.

5. Создание информационно-аналитической инфраструктуры:

- создание и поддержка Интернет-портала оптогенетики;

- обеспечение регулярного издания и распространения электронного информационного бюллетеня (отраслевых газет или журналов) в области оптогенетики;

- ежегодное проведение национальной конференции по оптогенетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Method of the Year 2010 (2010)//Nature Methods. 8(1): 1. <http://www.nature.com/nmeth/journal/v8/n1/full/nmeth.f.321.html>.
2. Science News (2011) Insights of the decade. Stepping away from the trees for a look at the forest. Introduction//Science. № 330 (6011). P. 1612–1613.
3. Deisseroth K. (2011) Optogenetics//Nature Methods. № 8. P. 26–29.

4. <http://www.financialexpress.com/news/stimulating-brain-with-light-may-stop-binge-drinking/1216404?rheditorpick>.
5. Greenemeier L. (2013) FDA Approves First Retinal Implant//Nature, 15.02.2013. <http://www.nature.com/news/fda-approves-first-retinal-implant-1.12439>
6. Entcheva E. (2013) Cardiac optogenetics//American Journal of Physiology — Heart and Circulatory Physiology. № 304 (9). P. 1179–1191.
7. The National Academies Press (2008) Emerging Cognitive Neuroscience and Related Technologies. Washington, DC.
8. Филиппов В.А. (2010) Кортикоморфная нейросетевая архитектура, моделирование консолидации следа памяти и кибергеномика — перспективные технологии разработки искусственных когнитивных систем/В кн. Научная сессия НИЯУ МИФИ — 2010. Материалы избранных научных трудов по теме: «Актуальные вопросы нейробиологии, нейроинформатики и когнитивных исследований». М.: НИЯУ МИФИ. С. 111–144.
9. РФФИ (2013) Итоги конкурса комплексных междисциплинарных фундаментальных исследований в области молекулярной и клеточной организации биологических структур и процессов 2013 года (КОМФИ) РФФИ. http://www.rfbr.ru/rffi/ru/contests_results2013/o_1893780.
10. Patent WO2013059833A1 (2013) Method and System for Direct Communication.
11. US Patent application 20140287510 (2014) Rod cell-specific promoter.
12. <http://www.technologyreview.com/news/417784/a-brain-implant-that-useslight/page/1/>.
13. US Patent application 20110224554 (2011) Optogenetic Fiber Optic Cannula and Adapted Fiber Optic Connector.
14. Patent application 20110224554 (2015) Optogenetic Fiber Optic Cannula and Adapted Fiber Optic Connector.
15. Patent WO 2013093463 A3 (2013) Neural probe for optogenetics with integrated light emitter and detector.
16. Распоряжение Правительства РФ от 18 июля 2013 г. № 1247-р (2013) План мероприятий («дорожная карта») «Развитие биотехнологий и генной инженерии»//Собрание законодательства Российской Федерации. № 30. С. 4155.

UDC 025.4.03

Komarova A.V., Galyamova M.V., Cherchenko O.V. *Development of optogenetics in the world and in Russia: leading researchers and technological drivers* (Center of scientific-technical expertise, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia)

Abstract. The article presents a scientometrical and patent analysis of a new perspective scientific area called «optogenetics» with the usage of bibliometric data bases Web of Science and Scopus, as well as other analytical tools such as Essential Science Indicators SM (ESI), SciVal Spotlight, Orbit. There is identified a currently formed structure of scientific communities — drivers of development in this area.

There is suggested a plan of actions directed on development of optogenetics in Russia with consideration of country opportunities.

Keywords: *optogenetics, scientometric analysis, patent analysis, e-bibliometric data bases, Web of Science, Scopus, Orbit, SciVal, technological drivers, scientific capacities of Russia.*