



© CC С. Н. Пчелина, 2022
УДК 577.21 : 378.961 (470.23-2)
DOI: 10.24884/1607-4181-2022-29-1-9-17

С. Н. Пчелина*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РАЗВИТИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПСПБГМУ им. И. П. ПАВЛОВА: 20 ЛЕТ ИСТОРИИ И ДОСТИЖЕНИЙ

Поступила в редакцию 04.03.2022 г.; принята к печати 27.04.2022 г.

Резюме

С момента подписания приказа о создании Отдела молекулярно-генетических технологий НИЦ прошел 21 год (приказ № 118 подписан академиком Н. А. Яицким 5 июня 2001 г.), и 20 лет прошло с момента начала деятельности Отдела. Ведущий ученый в области молекулярной медицины профессор Евгений Иосифович Шварц не только возглавил Отдел, но и привел с собой своих учеников — коллектив лаборатории молекулярной генетики человека Петербургского института ядерной физики Российской академии наук. Коллектив был первым в стране, применившим метод полимеразной цепной реакции для диагностики наследственных заболеваний человека, а на тот момент имевшим опыт как в составлении карт мутационных повреждений при моногенных заболеваниях человека, так и своих исследований в области мультифакторной патологии. Отдел положил начало развитию молекулярно-генетических технологий в Университете и стал базой для выполнения диссертационных исследований и освоения современных методов молекулярной генетики. В статье описана история создания Отдела и его основные достижения.

Ключевые слова: молекулярно-генетические исследования, медицинская генетика, ПСПБГМУ им. И. П. Павлова

Для цитирования: Пчелина С. Н. Развитие молекулярно-генетических технологий в ПСПБГМУ им. И. П. Павлова: 20 лет истории и достижений. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2022;29(1):9–17. DOI: 10.24884/1607-4181-2022-29-1-9-17.

* **Автор для связи:** Софья Николаевна Пчелина, ФГБОУ ВО ПСПБГМУ им. И. П. Павлова Минздрава России, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8. E-mail: sopchelina@hotmail.com.

Sofya N. Pchelina*

Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

DEVELOPMENT OF MOLECULAR GENETIC TECHNOLOGIES IN PAVLOV UNIVERSITY: 20 YEARS HISTORY AND ACHIEVEMENTS

Received 04.03.2022; accepted 27.04.2022

Summary

21 years have passed since the signing of the order on the establishment of the Department of Molecular Genetic Technologies of the Scientific Research Center (order № 118 was signed by Academic N. A. Yaitsky on June 5, 2001) and 20 years have passed since the beginning of the Department's activities. The leading scientist in the field of molecular medicine, Professor Evgeny Iosifovich Schwartz, not only headed the Department, but also brought there his team — the team of the Laboratory of Human Molecular Genetics of the Petersburg Nuclear Physics Institute named by B. P. Konstantinov of National Research Centre «Kurchatov Institute». The team was the first in the country to use the polymerase chain reaction (PCR) method to diagnose human hereditary diseases, and at that time had experience both in mapping mutational damage in monogenic human diseases and in its research in the field of multifactorial pathology. The department creation marked the beginning of molecular genetic technologies at the University and became the basis for fundamental scientific researches and the development of modern methods of molecular genetics. The review describes the history of Department and its main achievements.

Keywords: molecular genetics research, medical genetics, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University

For citation: Pchelina S. N. Development of molecular genetic technologies in Pavlov University: 20 years history and achievements. *The Scientific Notes of Pavlov University.* 2022;29(1):9–17. (In Russ.). DOI: 10.24884/1607-4181-2022-29-1-9-17.

* **Corresponding author:** Sofya N. Pchelina, Pavlov University, 6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, 197022, Russia. E-mail: sopchelina@hotmail.com.

В июне 2022 г. исполняется 20 лет с момента начала работы Отдела молекулярно-генетических технологий НИЦ (ныне Отдел молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ, далее – Отдел). Следует отметить, что приказ о создании Отдела был подписан ректором СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова (ныне ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, далее – Университет) академиком Николаем Антоновичем Яицким 5 июня 2001 г. (Приказ № 118 от 5 июня 2001 г.). Однако на ремонт помещений Отдела (первый и второй этаж западного крыла корпуса 28) ушел год. За это время штатное расписание Отдела претерпело изменение, и вместо планируемых изначально четырех лабораторий в июне 2002 г. было открыто две лаборатории (лаборатория высокотехнологических методов молекулярного анализа ДНК (ныне лаборатория медицинской генетики) и лаборатория анализа структуры полиморфных генов человека (ныне лаборатория молекулярной биологии)). Фактическое открытие Отдела и оформление первых сотрудников произошло в июне 2002 г. Работы, выполненные в Отделе, положили начало развитию молекулярно-генетических исследований в Университете, а также создали базу для развития трансляционной медицины и передачи современных технологий в клиническую практику.

Нужно сказать, что в те годы руководству Университета стало очевидным, что развитие фундаментальной науки невозможно без внедрения в исследования современных молекулярно-генетических методов. Отдел создавался при большой поддержке проректора по науке профессора Эдвина Эдуардовича Звартау. А первым руководителем отдела и его идейным организатором стал выдающийся генетик, стоявший у истоков формирования молекулярной медицины в России, профессор Евгений Иосифович Шварц. Имя Евгения Иосифовича связано с формированием нескольких научно-педагогических коллективов. Так, в 1989 г. под руководством Евгения Иосифовича была открыта вторая в России кафедра медицинской генетики в медицинском вузе (впервые в России преподавание основ медицинской генетики для будущих врачей началось в Первом Московском медицинском институте, где в 1988 г. академик Н. П. Бочков организовал кафедру медицинской генетики), которую Евгений Иосифович возглавлял до 2001 г. Также в 1992 г. в стенах Отдела молекулярной и радиационной биофизики (ОМРБ) Петербургского института ядерной физики им. Б. П. Константинова Российской академии наук (ПИЯФ РАН) (ныне Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт») была создана возглавляемая Евгением Иосифовичем лаборатория молекулярной генетики человека, которую, как и образованный Отдел, Евгений Иосифович возглавлял до своей смерти 1 июня 2003 г.

Быстрое развитие Отдела было обусловлено созданной базой и опытом многолетних научных исследований. Евгений Иосифович пришел в стены Университета со своим коллективом лаборатории молекулярной генетики человека ПИЯФ РАН. К тому моменту коллектив уже имел множество пионерских достижений в области молекулярной генетики человека. Коллектив, возглавляемый Е. И. Шварцем, первым в России применил метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) для диагностики наследственных заболеваний [1, 2], разработал метод проведения ПЦР с сухого пятна крови [3], описал спектр мутаций в генах при ряде наследственных заболеваний человека [4–8], одним из первых в стране приступил к изучению наследственных основ мультифакторных заболеваний [9–11], в основе развития которых лежит сложное взаимодействие наследственных и средовых факторов. На момент открытия Отдела были начаты работы по изучению основ наследственной предрасположенности к диабету I типа, сердечно-сосудистым и тромботическим заболеваниям, бронхолегочной патологии, болезни Паркинсона. Исследования проводились в сотрудничестве с выдающимися учеными в области молекулярной генетики и кардиологии: академиком Российской академии медицинских наук В. А. Алмазовым, членом-корреспондентом Российской академии медицинских наук В. С. Гайцхоки, академиком РАН Е. В. Шляхто.

Следует отметить, что фактический запуск работы Отдела требовал решения ряда проблем. На момент подписания приказа о его создании не было не только помещений, но даже стен. На месте будущего Отдела когда-то размещались помещения для содержания собак (рис. 1). При большой поддержке руководства Университета, а именно – ректора академика Н. А. Яицкого и проректора по науке профессора Э. Э. Звартау, а также директора НИЦ В. В. Томсона, полное преобразование помещений произошло за год. Более того, через год, в июне 2002 г., в Отделе была размещена лабораторная и офисная мебель. Материально-техническая база была сформирована как из новых поступлений, так и в результате того, что по договору о сотрудничестве часть оборудования была передана в пользование из ПИЯФ РАН. Тесное научное сотрудничество с НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ сохраняется до сих пор, а руководитель Отдела доктор биологических наук Софья Николаевна Пчелина, как когда-то Евгений Иосифович, возглавляет как лабораторию молекулярной генетики человека в ПИЯФе, так и Отдел НИЦ Университета.

В основные возложенные на Отдел задачи входило обеспечение научных исследований, проводимых в подразделениях Университета, современными молекулярно-генетическими технологиями и оказание консультативной помощи сотрудникам Университета по молекулярно-генетическим



а



б

Рис. 1. Помещения Отдела молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ в 2001 г. (а) и в 2004 г. (б)
 Fig. 1. Rooms of the Department of Molecular, Genetic, and Nanobiological Technologies of the Scientific Research Center in 2001 (а) and in 2004 (б)

проблемам медицины, а также подготовка научно-педагогических кадров (аспирантура, докторантура) в области молекулярно-генетических исследований. Благодаря тому, что Отдел, как указано выше, создавался на базе существующих научных разработок, уже в первые годы существования Отдела был получен ряд уникальных результатов: описаны генетические факторы развития инфаркта миокарда у мужчин молодого возраста [12–14], а также подтверждена роль конкретных генетических вариантов в развитии наследственной тромбофилии [15], хронической обструктивной болезни легких [16], описаны наследственные формы болезни Паркинсона [17], начаты пионерские работы по фармакогенетике, в частности, выявлены генетические факторы индивидуальной чувствительности к варфарину [18]. Полученные результаты легли в основу ряда диссертационных исследований на соискание степени кандидата биологических и медицинских наук, а также трех докторских диссертаций: Ольга Александровна Беркович — «Состояние эндотелия сосудов и структурные полиморфизмы кандидатных генов у мужчин, перенесших инфаркт миокарда в молодом возрасте» по специальностям 03.00.15 — «Генетика», 14.00.06 — «Кардиология» (2002), Татьяна Васильевна Ивчик — «Роль наследственных факторов в формировании и прогнозировании хронической обструктивной болезни легких» по специальностям 03.00.15 — «Генетика», 14.00.43 — «Пульмонология» (2004) и Татьяна Владимировна Вавилова — «Система гемостаза у больных с механическими искусственными клапанами сердца» по специальностям 14.00.46 — «Клиническая лабораторная диагностика», 14.00.44 — «Сердечно-сосудистая хирургия» (2004). Разработанная панель генетических тестов на определение наследственной тромбофилии и индивидуальной чувствительности к варфарину была внедрена в Университете

в клиническую практику. Таким образом, с самого начала функционирования Отдела молекулярно-генетических технологий его сотрудники стремились не только внести вклад в понимание фундаментальных механизмов развития заболеваний человека, но и разработать практические подходы для усовершенствования, персонификации диагностики и терапии в лечебно-профилактических учреждениях.

В последующие годы (январь 2004 г. — сентябрь 2017 г.) Отделом руководил выпускник ПСПбГМУ академик РАН Михаил Владимирович Дубина. В 2004 г. им защищена докторская диссертация «Новый патогенетический подход к ранней диагностике и хирургическому лечению колоректального рака». Впоследствии М. В. Дубина развивал данную тематику в стенах Отдела. В эти годы под руководством Михаила Владимировича в Отделе были выявлены ряд патогенетически значимых молекулярно-генетических изменений для направленного (таргетного) лечения следующих заболеваний человека: рак желудка, толстой кишки, простаты, опухоли головного мозга, хронический миелоидный лейкоз, гипертоническая болезнь, бронхиальная астма [19–21]. Под руководством М. В. Дубины расширилась тематика проектов, пополнилась и обновилась приборная база Отдела, что позволило продолжать выполнять молекулярно-генетические исследования на современном уровне. Так, сотрудники Отдела приняли участие в проведении Всероссийской и Международной стандартизации молекулярных исследований для диагностики и мониторинга хронического миелоидного лейкоза (количественное определение мРНК гена *BCR-ABL*). За исследования молекулярных предикторов развития рака прямой кишки М. В. Дубина был удостоен Первой премии и золотой медали Алферовского фонда (2003).



Рис. 2. Руководители Отдела молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ. Слева направо: профессор Е. И. Шварц (2001 – 2003), академик РАН М. В. Дубина (2004 – 2017), доктор биологических наук С. Н. Пчелина (с 2017 г.)
Fig. 2. Heads of the Department of Molecular, Genetic, and Nanobiological Technologies of the Scientific Research Center. From left to right: Professor E. I. Schwartz (2001 – 2003), Academician of the Russian Academy of Sciences M. V. Dubina (2004 – 2017), Doctor of Biological Sciences S. N. Pchelina (since 2017)

Параллельно М. В. Дубина являлся первым проректором Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета им. акад. Ж. И. Алферова РАН (ранее – Санкт-Петербургский физико-технологический научно-образовательный центр РАН), что требовало времени и сил. В 2016 г. М. В. Дубина награжден медалью ЮНЕСКО за совокупность научных работ в области нанотехнологий, которые могут быть использованы для совершенствования способов диагностики и лечения заболеваний человека, также является лауреатом научной Премии им. И. П. Павлова в области физиологии и медицины (2016) за развитие молекулярно-биологических подходов в персонализированной медицине.

В эти годы в Отделе продолжались исследования в основных четырех направлениях, а именно – изучение основ бронхолегочной, сердечно-сосудистой патологии, болезни Паркинсона и расстройств шизофренического спектра. Новое развитие получило направление фармакогенетических исследований. Были выявлены генетические предикторы развития терапевтической резистентности, включая стероидорезистентность, у пациентов с бронхиальной астмой и идиопатическим фиброзирующим альвеолитом (ИФА). Данные легли в основу докторской диссертации, защищенной Жанной Александровной Мироновой по специальности 14.01.25 – «Пульмонология» (2012). В эти же годы получены приоритетные данные в группе, возглавляемой Софьей Николаевной Пчелиной, по наследственным основам развития болезни Паркинсона. Разработан алгоритм молекулярно-генетического обследования для выявления наследственных форм заболевания [22, 23]. По результатам исследования С. Н. Пчелиной была защищена докторская диссертация по специальности 03.02.07 – «Генетика» (2012).

Доктор биологических наук Софья Николаевна Пчелина является руководителем Отдела с октября 2017 г. Руководители Отдела с момента его открытия приведены на рис. 2. С. Н. Пчелина работает в Отделе с момента его открытия в 2002 г., является ученицей Евгения Иосифовича Шварца, а в настоящее время является известным специалистом в области молекулярной генетики человека, лауреатом ряда стипендий и премий губернатора Ленинградской области, Мэрии Санкт-Петербурга, удостоена Государственной Почетной грамоты от Министерства науки и образования. На протяжении всех лет Отдел работает в тесном сотрудничестве с ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» НИЦ «Курчатовский институт». В Отдел входят две лаборатории: лаборатория медицинской генетики (заведующая лабораторией – кандидат биологических наук В. В. Мирошникова) и лаборатория молекулярной биологии (заведующая лабораторией – кандидат биологических наук А. Е. Тараскина). За годы существования Отдела на его базе было выполнено более 20 диссертационных исследований, среди них пять докторских диссертаций. Многие фундаментальные темы, начатые учениками Е. И. Шварца, получили свое развитие. В частности, исследования в области молекулярной кардиологии, лабораторной диагностики (профессор О. А. Беркович, профессор Т. В. Вавилова, доктор биологических наук О. В. Сироткина). Выполнены исследования по выявлению молекулярных основ развития нейросенсорной тугоухости (совместно с профессором С. Г. Журавским), выявлены генетические основы предрасположенности к развитию алкогольной зависимости (совместно с профессором Э. Э. Звартау, профессором М. Е. Крупицким) [24, 25]. Проведено молекулярно-генетическое обследование семей с



Рис. 3. Коллектив Отдела молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ. Слева направо: канд. мед. наук К. А. Сенкевич, канд. мед. наук И. В. Милюхина, Е. В. Волкова, Д. Г. Кулабухова, И. А. Побожева, М. А. Николаев, канд. биол. наук В. В. Мирошникова, В. В. Бойцов, канд. биол. наук Т. С. Усенко, доктор биол. наук С. Н. Пчелина, канд. мед. наук А. С. Улитина, канд. биол. наук А. Е. Тараскина, канд. биол. наук А. К. Емельянов, доктор биол. наук О. В. Сироткина, А. М. Заботина, К. В. Драчева

Fig. 3. The staff of the Department of Molecular, Genetic, and Nanobiological Technologies of the Scientific Research Center. From left to right: Candidate of Medical Sciences K. A. Senkevich, Candidate of Medical Sciences I. V. Miliukhina, E. V. Volkova, D. G. Kulabukhova, I. A. Pobozeva, M. A. Nikolaev, Candidate of Biological Sciences V. V. Miroshnikova, V. V. Boitsov, Candidate of Biological Sciences T. S. Usenko, Doctor of Biological Sciences S. N. Pchelina, Candidate of Medical Sciences A. S. Ulitina, Candidate of Biological Sciences A. E. Taraskina, Candidate of Biological Sciences A. K. Emelianov, Doctor of Biological Sciences O. V. Sirotkina, A.M. Zobotina, K. V. Dracheva

наследственными формами болезни Паркинсона, а также нейросенсорной тугоухости, что позволило специалистам осуществлять медико-генетическое консультирование в семьях.

В Отделе осуществляется хранение множества коллекций образцов биоматериала нескольких типов: образцы цельной венозной крови, клеток крови, плазмы крови, биоптатов различных органов, геномной ДНК, мРНК, микроРНК, кДНК. Научный коллектив Отдела участвует в выполнении ряда Госзаданий Минздрава России, выполняя исследования по поиску биомаркеров развития распространенных заболеваний человека. Так, под руководством доктора биологических наук С. Н. Пчелиной в последние годы совместно с кафедрой неврологии получен ряд приоритетных данных по молекулярным механизмам развития наследственных форм болезни Паркинсона (руководители — академик А. А. Скоромец, доцент А. А. Тимофеева) [26 – 28]. Другим важным направлением исследований является исследование тканеспецифичной экспрессии генов: работа генов оценивается в различных тканях организма при определенных патологических состояниях. В частности, проводится оценка изменения работы ряда генов липидного метаболизма в висцеральной, эпикардальной и

подкожной жировой ткани, получаемой хирургами при проведении плановых операций (совместно с кафедрой факультетской терапии, руководители — академик Е. В. Шляхто, профессор Е. И. Баранова; а также Центром хирургического лечения ожирения и метаболических нарушений) [29, 30]. Осуществляется поиск биомаркеров дисфункции жировой ткани и метаболических нарушений, а также последующего развития атеросклероза при ожирении, проводятся исследования роли секретируемых жировой тканью адипоцитокинов и экстраклеточных везикул в патогенезе сердечно-сосудистой патологии на фоне ожирения. С использованием метода массового параллельного секвенирования определен спектр мутаций у пациентов с семейной гиперхолестеринемией [31], проводится молекулярно-генетический анализ в семьях. Проводится оценка экспрессии таргетных генов в тканях легкого при развитии хронической бронхолегочной патологии, а также осуществляется анализ экспрессии микроРНК для изучения эпигенетической регуляции работы генов, вовлеченных в патогенез хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), бронхиальной астмы и их сочетания (совместно с кафедрой госпитальной терапии, руководители — профессор

В. И. Трофимов, профессор Ж. А. Миронова) [32]. В результате проведенных исследований уточнены механизмы стероидочувствительности у пациентов с сочетанием ХОБЛ и бронхиальной астмы, выявлены перспективные молекулярные мишени для фенотип-специфической терапии сочетания ХОБЛ и бронхиальной астмы.

Отдел участвует в изучении поведенческих и когнитивных дисфункций, обусловленных нарушением обмена дофамина и серотонина (совместно с отделом психофармакологии Института фармакологии им. А. В. Вальдмана, заведующий отделом — кандидат биологических наук И. В. Белозерцева, кандидат медицинских наук И. М. Суханов). Проводимые исследования на генетически модифицированных животных (крысах) позволяют определить потенциальные терапевтические мишени для разработки новых фармакологических подходов к нормализации обмена нейромедиаторов в центральной нервной системе у лиц с поведенческими и когнитивными нарушениями.

Также проводятся исследования особенностей дофаминергической нейротрансмиссии в лимфоцитах периферической крови и возможности прогнозирования ответа на терапию антипсихотическими препаратами у пациентов с психиатрическими заболеваниями. Получили развитие новые направления в работе отдела, в частности, работы с культурами клеток: ведутся исследования возможностей прогнозирования эффективности терапии определенными лекарственными препаратами по их воздействию на клетки периферической крови при их культивировании *in vitro* [33, 34]. Наиболее интересные результаты были получены при тестировании фармакологических шаперонов лизосомного фермента глюкоцереброзидазы (в частности, Амброксола) на первичной культуре макрофагов пациентов с болезнью Гоше и болезнью Паркинсона. В настоящее время данный препарат проходит клинические испытания в качестве нейропротектора при лечении болезни Паркинсона, связанной с мутациями в гене *GBA*. Нами показано, что клетки крови могут быть использованы при скрининге эффективности препарата [35]. Данный подход может лечь в основу персонализированной терапии.

В настоящее время, отвечая стремительному развитию геномных технологий, исследования в Отделе переведены на современный уровень. Так, получены приоритетные данные по анализу РНК-секвенирования пациентов с наследственными формами болезни Паркинсона, ассоциированными с мутацией в гене *GBA*, позволяющие подойти к выявлению триггера развития данного заболевания у носителей мутаций [36]. Также в совместном исследовании, проводимом с кафедрой анестезиологии и реаниматологии (руководитель — академик Ю. С. Полушин), при сопоставлении транскрипционной активности генов пациентов, выживших и умерших от коронавирусной инфек-

ции, получены актуальные данные об активации пути эндогенного синтеза и обмена холестерина при летальном исходе от COVID-19 [37].

Проводимые в Отделе молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ исследования позволят выявить новые мишени для лекарственной терапии, а также предложить новые биомаркеры для диагностики различных заболеваний на ранних стадиях. О значимости полученных результатов говорят многочисленные рейтинговые публикации Отдела, в том числе в международных журналах с высоким импакт-фактором (5–10). В составе Отдела (всего 14 человек) в настоящее время работают два доктора наук и семь кандидатов наук. Коллектив Отдела показан на рис. 3. Выполняют свои работы аспиранты Университета по специальности 03.02.07 — «Генетика». Также Отдел является базой для выполнения научных исследований аспирантов и соискателей ученых степеней других специальностей, а также студентов различных вузов Санкт-Петербурга (выполнение бакалаврских и магистерских квалификационных работ). В Отделе регулярно проводятся семинары по актуальным вопросам молекулярной генетики.

В настоящее время молекулярно-генетические технологии активно развиваются на базе различных подразделений Университета и имеют как фундаментальную, так и прикладную направленность. Научные исследования, проводимые в нашем Отделе, затрагивают самые актуальные направления молекулярной медицины, а именно — кардиологии, пульмонологии, фармакогенетики, наследственных форм нейродегенеративных заболеваний, психиатрии. Полученные результаты обладают мировым приоритетом. В год в Отделе выходит около десяти публикаций в изданиях базы Scopus.

Конфликт интересов

Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest

Соответствие нормам этики

Автор подтверждает, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The author confirms that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шварц Е. И., Кабоев О. К., Гольцов А. А. и др. Праймерзависимая амплификация двух участков в-глобиново-

- го гена человека // Биоорганическая химия. – 1988. – Т. 14, № 11. – С. 1577–1579.
2. *Schwartz E. I., Goltsov A. A., Kaboev O. K. et al.* A novel frameshift mutation causing b-thalassaemia in Azerbaijan // *Nucleic Acids Research.* – 1989. – Vol. 17, № 10. – P. 3997. Doi: 10.1093/nar/17.10.3997.
3. Polymerase chain reaction amplification from dried blood spots on Guthrie cards / E. I. Schwartz, S. E. Khalchitsky, R. C. Eisensmith, S. L. Woo // *Lancet.* – 1990. – Vol. 336, № 8715. P. 639–640. Doi: 10.1016/0140-6736(90)93446-V.
4. *Барановская С. С., Шевцов С. П., Максимова С. П. и др.* Спектр мутационных повреждений гена фенилаланингидроксилазы у больных фенилкетонурией г. Санкт-Петербурга // *Доклады Академии наук.* – 1995. – Т. 340, № 5. – С. 709–711.
5. *Baranovskaya S. S., Shevtsov S. P., Maksimova S. P. et al.* The mutations and VNTRs in the phenylalanine hydroxylase gene of phenylketonuria in St Petersburg // *J. Inherit. Metab. Dis.* – 1996. – Vol. 19, № 5. – P. 705.
6. *Воронина О. В., Гайтсхоки В. С., Шварц Е. И. и др.* Полимеразная цепная реакция в анализе делеции F-508 при кистозном фиброзе // *Биоорганическая химия.* – 1990. – Т. 16. – С. 1430–1431.
7. *Kuzmin A. I., Eisensmith R. C., Goltsov A. A. et al.* Complete spectrum of PAH mutations in Tataria: presence of Slavic, Turkic and Scandinavian mutations // *Eur. J. Hum. Genet.* – 1995. – Vol. 3, № 4. – P. 246–255.
8. *Mandelsham M., Chakir K., Shevtsov S. et al.* Prevalence of Lithuanian mutation among St. Petersburg Jews with familial hypercholesterolemia // *Hum. Mutat.* – 1998. – Vol. 12, № 4. – P. 255–228. Doi: 10.1002/(SICI)1098-1004(1998)12:4<255::AID-HUMU6>3.0.CO;2-E.
9. *Nejentsev S., Reijonen H., Adojnaan B. et al.* The effect of HLA-B allele on the IDDM risk defined by DRB1*04 subtypes and DQB1*0302 // *Diabetes.* – 1997. – Vol. 46. – P. 1888–1892. Doi: 10.2337/diab.46.11.1888.
10. *Fomicheva E., Gukova S., Larionova-Vasina V. et al.* Gene-gene interaction in RAS system in the predisposition to myocardial infarction in elder population of St. Petersburg (Russia) // *Molecular genetics and Metabolism.* – 2000. – Vol. 69, № 1. – P. 76–80. Doi: 10.1006/mgme.1999.2924.
11. Gln-Arg191 polymorphism of paraoxonase and Parkinson's disease / S. Akhmedova (Pchelina), S. Anisimov, A. Yakimovskiy, E. Schwartz // *Human Heredity.* – 1999. – Vol. 49, № 3. P. 178–180. Doi: 10.1159/000022868.
12. The combination of glycoprotein IIIa P1A polymorphism with polymorphism of serotonin transporter as an independent strong risk factor for the occurrence of coronary thrombosis / E. Schwartz, D. Demidova, O. Sirotkina, S. Kudinov // *Mol. Genet. Metab.* – 2003. – Vol. 79, № 3. – P. 229–230. Doi: 10.1016/s1096-7192(03)00090-8. PMID: 12855229.
13. *Пчелина С. Н., Кудинов С. В., Беркович О. А. и др.* Ассоциация структурных полиморфизмов промоторной области и кодирующей части гена параоксоназы с развитием инфаркта миокарда у мужчин до 45 лет // *Мед. академ. журн.* – 2003. – Т. 3, № 2. – С. 58–64.
14. *Пчелина С. Н., Сироткина О. В., Шейдина А. М. и др.* Генетические факторы риска развития инфаркта миокарда у мужчин молодого возраста, проживающих в северо-западном регионе России // *Кардиология.* – 2007. – Т. 47, № 7. – С. 29–34.
15. *Sirotkina O. V., Khaspekova S. G., Zabolina A. M. et al.* Effect of platelet glycoprotein IIb-IIIa number and glycoprotein IIIa Leu33Pro polymorphism on platelet aggregation and sensitivity to glycoprotein IIb-IIIa antagonists // *Platelet.* – 2007. – Vol. 18, № 7. – P. 506–514. Doi: 10.1080/09537100701326739.
16. *Янчина Е. Д., Ивчик Т. В., Шварц Е. И. и др.* Генное взаимодействие между глутатион-S-трансферазой M1 и матриксной металлопротеиназой 9 в формировании наследственной предрасположенности к развитию хронической обструктивной болезни легких // *Бюлл. эксперимент. биологии и мед.* – 2004. – Т. 137, № 1. – С. 75–77.
17. *Pchelina S. N., Yakimovskii A. F., Ivanova O. N. et al.* G2019S LRRK2 Mutation in Familial and Sporadic Parkinson's Disease in Russia // *Mov. Disord.* – 2006. – Vol. 21, № 12. – P. 2234–2236. Doi: 10.1002/mds.21134.
18. *Pchelina S. N., Sirotkina O. V., Taraskina A. E. et al.* The frequency of cytochrome P450 2C9 genetic variants in Russian population and their associations with individual sensitivity to warfarin therapy // *Thrombosis research.* – 2005. – Vol. 115, № 3. – P. 199–203. Doi: 10.1016/j.thromres.2004.08.020.
19. *Седов В. М., Яцкиий А. Н., Мозговой Е. Д. и др.* Клиническое значение носительства генетического полиморфизма коннексина -26 при раке желудка // *Вест. хир. им. И. И. Грекова.* – 2007. – Т. 166, № 6. – С. 11–14.
20. *Симакова М. А., Миронова Ж. А., Трофимов В. И. и др.* Терапевтическая резистентность у больных с тяжелой БА // *Пульмонология.* – 2010. – Т. 2. – С. 108–112.
21. *Миронова Ж. А., Дьяченко Н. А., Улитина А. С. и др.* Геномные технологии в пульмонологии: роль микроРНК в развитии бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких // *Пульмонология.* – 2016. – Т. 26, № 1. – С. 5–11. Doi: 10.18093/0869-0189-2016-26-1-5-12.
22. *Pchelina S. N., Yakimovskii A. F., Emelyanov A. K. et al.* Screening for LRRK2 mutations in patients with Parkinson's disease in Russia: identification of a novel LRRK2 variant // *Eur. J. Neurol.* – 2008. – Vol. 15, № 7. – P. 692–696. Doi: 10.1111/j.1468-1331.2008.02149.x.
23. *Emelyanov A., Boukina T., Yakimovskii A. et al.* Glucocerebrosidase gene mutations are associated with Parkinson's disease in Russia // *Mov. Disord.* – 2012. – Vol. 27, № 1. – P. 158–159. Doi: 10.1002/mds.23950. Epub 2011 Sep 13. PMID: 21915911.
24. *Lappalainen J., Krupitsky E., Kranzler H. R. et al.* Mutation screen of the GAD2 gene and association study of alcoholism in three populations // *Am. J. Med. Genet. B Neuropsychiatr. Genet.* – 2007. – Vol. 144B, № 2. – P. 183–192. Doi: 10.1002/ajmg.b.30377. PMID: 17034009.
25. Ultrastructure of the hair in genetic prelingual deafness associated with the 35delG mutation in the connexin 26 gene (GJB2) / S. G. Zhuravskiy, A. A. Kurus, A. E. Taraskina, S. A. Ivanov // *Bull Exp Biol Med.* – 2009. – Vol. 148, № 1. – P. 79–81. Doi: 10.1007/s10517-009-0637-5. PMID: 19902103.
26. *Pchelina S., Baydakova G., Nikolaev M. et al.* Blood lysosphingolipids accumulation in patients with Parkinson's disease with glucocerebrosidase 1 mutations // *Movement disorders.* – 2018. – Vol. 33, № 8. – P. 1325–1330. Doi: 10.1002/mds.27393.
27. *Emelyanov A., Kulabukhova D., Garaeva L. et al.* SNCA variants and alpha-synuclein level in CD45+ blood cells in Parkinson's disease // *J. Neurol. Sci.* – 2018. – Vol. 395. – P. 135–140. Doi: 10.1016/j.jns.2018.10.002.
28. *Emelyanov A. K., Usenko T. S., Tesson C. et al.* Analysis of genetic variability in Parkinson's disease in Russia // *Neurobiology of Aging.* – 2018. – Vol. 71C. – P. 272.
29. *Miroshnikova V. V., Panteleeva A. A., Pobozeva I. A. et al.* ABCA1 and ABCG1 DNA methylation in epicardial adipose tissue of patients with coronary artery disease // *BMC Cardiovascular disorders.* – 2021. – Vol. 21, № 1. – P. 1–12. Doi: 10.1186/s12872-021-02379-7.
30. *Miroshnikova V. V., Polyakova E. A., Pobozeva I. A. et al.* FABP4 and Omentin-1 Gene Expression in Epicardial Adipose Tissue from Coronary Artery Disease Patients // *Genet.*

Molecular Biology. – 2021. – Vol. 44, № 4. – P. E20200441. Doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2020-0441.

31. *Miroshnikova V. V., Romanova O. V., Ivanova O. N. et al.* Targeted sequencing identified novel variants in the LDLR gene in Russian patients with familial hypercholesterolemia // Biomedical Reports. – 2021. – Vol. 14, № 1. – P. 1. Doi: 10.3892/br.2020.1391.

32. *Дьяченко Н. А., Улитина А. С., Лукина О. В. и др.* Экспрессия микроРНК miR21 и miR-146a у пациентов мужского пола с перекрестным фенотипом бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких // Пульмонология. – 2020. – Т. 30, № 3. – С. 263–269. Doi: 10.18093/0869-0189-2020-30-3-263-269.

33. *Taraskina A. E., Nasyrova R. F., Zabolina A. M. et al.* Potential diagnostic markers of olanzapine efficiency for acute psychosis: a focus on peripheral biogenic amines // BMC psychiatry. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 1–12. Doi: 10.1186/s12888-017-1562-1.

34. *Grumina M. N., Belinskaia M. A., Zhuravlev A. S. et al.* Aberrant alternative splicing of HTR2A exon II in peripheral blood lymphocytes of drug-naïve schizophrenic patients // Heliyon. – 2020. – Vol. 6, № 12. – P. E05809. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05809.

35. *Kopytova A. E., Rychkov G. N., Nikolaev M. A. et al.* Amroxol increases glucocerebrosidase (GCase) activity and restores GCase translocation in primary patient-derived macrophages in Gaucher disease and Parkinsonism // Parkinsonism & Related Disorders. – 2021. – Vol. 84. – P. 112–121. Doi: 10.1016/j.parkreldis.2021.02.003

36. *Usenko T., Bezrukova A., Basharova K. et al.* Comparative Transcriptome Analysis in Monocyte-Derived Macrophages of Asymptomatic GBA Mutation Carriers and Patients with GBA-Associated Parkinson's Disease // Genes (Basel). – 2021. – Vol. 12, № 10. – P. 1545. Doi: 10.3390/genes12101545.

37. *Шварц Е. И., Иващенко Т. Э., Гольцов А. А. и др.* Использование метода цепной реакции синтеза ДНК для анализа частоты рестрикционного полиморфизма ДНК-локуса CS-7 в популяции и в семьях больных муковисцидозом // Доклады Академии наук. – 1989. – Т. 307, № 2. – С. 467–470.

38. *Vlasov I., Panteleeva A., Usenko T. et al.* Transcriptomic Profiles Reveal Downregulation of Low-Density Lipoprotein Particle Receptor Pathway Activity in Patients Surviving Severe COVID-19 // Cells. – 2021. – Vol. 10, № 12. – P. 3495. Doi: 10.3390/cells10123495.

REFERENCES

1. Schwarz E. I., Kaboev O. K., Goltsov A., Vinogradov S. V., Lebedenko E. N., & Berlin Y. A. Amplification Of 2 Segments Of The Human Beta-Globin Gene By Means Of Polymerase Chain-Reaction // Bioorganicheskaya Khimiya. 1988;14(11):1577–1579. (In Russ.).

2. Schwartz E. I., Goltsov A. A., Kaboev O. K. et al. A novel frameshift mutation causing b-thalassaemia in Azerbaijan // Nucleic Acids Research. 1989;17(10):3997. Doi: 10.1093/nar/17.10.3997.

3. Schwartz E. I., Khalchitsky S. E., Eisensmith R. C., Woo S. L. Polymerase chain reaction amplification from dried blood spots on Guthrie cards // Lancet 1990;336(8715):639–640. Doi: 10.1016/0140-6736(90)93446-V.

4. Baranovskaya S. S., Shevtsov S. P., Maksimova S. P., Kuzmin A. I., Shvartz E. I. The spectrum of mutational damage to the phenylalanine hydroxylase gene in patients with phenylketonuria. St. Petersburg // Reports of the Academy of Sciences. 1995;340(5):709–711. (In Russ.).

5. Baranovskaya S. S., Shevtsov S. P., Maksimova S. P., Kuzmin A. I., Schwartz E. I. The mutations and VNTRs in

the phenylalanine hydroxylase gene of phenylketonuria in St Petersburg // J Inherit Metab Dis. 1996;19(5):705.

6. Voronina O. V., Gaitshoki V. S., Schwartz E. I. et al. Polymerase chain reaction in the F-508 deletion assay in cystic fibrosis // Bioorganic chemistry. 1990;(16):1430–1431. (In Russ.).

7. Kuzmin A. I., Eisensmith R. C., Goltsov A. A. et al. Complete spectrum of PAH mutations in Tataria: presence of Slavic, Turkic and Scandinavian mutations // Eur J Hum Genet. 1995;3(4): 246–255.

8. Mandelstam M., Chakir K., Shevtsov S. et al. Prevalence of Lithuanian mutation among St. Petersburg Jews with familial hypercholesterolemia // Hum Mutat. 1998;12(4):255–258. Doi: 10.1002/(SICI)1098-1004(1998)12:4<255::AID-HUMU6>3.0.CO;2-E.

9. Nejentsev S., Reijonen H., Adojnaan B. et al. The effect of HLA-B allele on the IDDM risk defined by DRB1*04 subtypes and DQB1*0302 // Diabetes. 1997;(46):1888–1892. Doi: 10.2337/diab.46.11.1888.

10. Fomicheva E., Gukova S., Larionova-Vasina V., Kovalev Yu., Schwartz E. Gene-gene interaction in RAS system in the predisposition to myocardial infarction in elder population of St.Petersburg (Russia) // Molecular genetics and Metabolism. 2000;69(1):76–80. Doi: 10.1006/mgme.1999.2924.

11. Akhmedova (Pchelina) S., Anisimov S., Yakimovskiy A., Schwartz E. Gln-Arg191 polymorphism of paraoxonase and Parkinson's disease // Human Heredity. 1999; 49(3):178–180. Doi: 10.1159/000022868.

12. Schwartz E., Demidova D., Sirotkina O., Kudinov S. The combination of glycoprotein IIIa P1A polymorphism with polymorphism of serotonin transporter as an independent strong risk factor for the occurrence of coronary thrombosis // Mol Genet Metab. 2003;79(3):229–230. Doi: 10.1016/s1096-7192(03)00090-8. PMID: 12855229.

13. Pchelina S. N., Kudinov S. V., Berkovich O. A. et al. Association of structural polymorphisms of the promoter region and the coding part of the paraoxonase gene with the development of myocardial infarction in men under 45 years of age // Medical academic journal. 2003;3(2):58–64. (In Russ.).

14. Pchelina S. N., Sirotkina O. V., Sheidina A. M. et al. Genetic factors of risk of myocardial infarction in young men living in the north-western region of Russia // Cardiology. 2007;47(7):29–34. (In Russ.).

15. Sirotkina O. V., Khaspekova S. G., Zabolina A. M., Shimanjva Y. V., Mazurov A. V. Effect of platelet glycoprotein IIb-IIIa number and glycoprotein IIIa Leu33Pro polymorphism on platelet aggregation and sensitivity to glycoprotein IIb-IIIa antagonists // Platelet. 2007;18(7):506–514. Doi: 10.1080/09537100701326739.

16. Yanchina E. D., Ivchik T. V., Shvarts E. I., Khodzhayantz N. E., Kokosov A. N. Gene-gene interactions between glutathione-s transferase m1 and matrix metalloproteinase 9 in the formation of hereditary predisposition to chronic obstructive pulmonary disease // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2004;137(1):64–66.

17. Pchelina S. N., Yakimovskii A. F., Ivanova O. N., Emelianov A. K., Zakharchuk A. H., & Schwarzman A. L. G2019S LRRK2 Mutation in Familial and Sporadic Parkinson's Disease in Russia // Mov Disord. 2006;21(12):2234–2236. Doi: 10.1002/mds.21134.

18. Pchelina S. N., Sirotkina O. V., Taraskina A. E. et al. The frequency of cytochrome P450 2C9 genetic variants in Russian population and their associations with individual sensitivity to warfarin therapy // Thrombosis research. 2005;115(3):199–203. Doi: 10.1016/j.thromres.2004.08.020.

19. Sedov V. M., Iaitskiĭ A. N., Mozgovoi E. D., Volkov N. M., Moiseenko F. V., Dubina M. V., & Krutovskii

- kh V. A. Clinical significance of carriage of rare variants of connexin-26 genetic polymorphism in gastric cancer // *Vestnik khirurgii imeni I. I. Grekova*. 2007;166(6):11–14. (In Russ.).
20. Simakova M. A., Mironova Zh. A., Trofimov V. I., Yantchina E. D., Dubina M. V. Therapeutic resistance in patients with severe asthma // *Pulmonologiya*. 2010;(2):108–113. (In Russ.).
21. Mironova Z. A., D'yachenko N. A., Ulitina A. S., Trofimov V. I., Pchelina S. N., Dubina M. V. Genome technologies in pulmonology: a role of microRNA in asthma and COPD development // *Pulmonologiya*. 2016;26(1):5–12. (In Russ.). Doi: 10.18093/0869-0189-2016-26-1-5-12.
22. Pchelina S. N., Yakimovskii A. F., Emelyanov A. K., Ivanova O. N., Schwarzman A. L., Singleton A. B. Screening for LRRK2 mutations in patients with Parkinson's disease in Russia: identification of a novel LRRK2 variant // *Eur J Neurol*. 2008;15(7):692–696. Doi: 10.1111/j.1468-1331.2008.02149.x.
23. Emelyanov A., Boukina T., Yakimovskii A., Usenko T., Drosdova A., Zakharchuk A., Andoskin P., Dubina M., Schwarzman A., Pchelina S. Glucocerebrosidase gene mutations are associated with Parkinson's disease in Russia // *Mov Disord*. 2012;27(1):158–159. Doi: 10.1002/mds.23950. Epub 2011 Sep 13. PMID: 21915911.
24. Lappalainen J., Krupitsky E., Kranzler H. R., Luo X., Remizov M., Pchelina S., Taraskina A., Zvartau E., Räsänen P., Makikyro T., Somberg L. K., Krystal J. H., Stein M. B., Gelernter J. Mutation screen of the GAD2 gene and association study of alcoholism in three populations // *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet*. 2007;144B(2):183–192. Doi: 10.1002/ajmg.b.30377. PMID: 17034009.
25. Zhuravskiy S. G., Kurus A. A., Taraskina A. E., Ivanov S. A. Ultrastructure of the hair in genetic prelingual deafness associated with the 35delG mutation in the connexin 26 gene (GJB2) // *Bull Exp Biol Med*. 2009;148(1):79–81. Doi: 10.1007/s10517-009-0637-5. PMID: 19902103.
26. Pchelina S., Baydakova G., Nikolaev M. et al. Blood lysosphingolipids accumulation in patients with Parkinson's disease with glucocerebrosidase 1 mutations // *Movement disorders*. 2018;33(8):1325–1330. Doi: 10.1002/mds.27393.
27. Emelyanov A., Kulabukhova D., Garaeva L., Senkevich K., Nikolaev M., Andoskin P., Kopytova A., Milyukhina I., Yakimovskii A., Timofeeva A., Pchelina S. SNCA variants and alpha-synuclein level in CD45+ blood cells in Parkinson's disease // *J Neurol Sci*. 2018;(395):135–140. Doi: 10.1016/j.jns.2018.10.002.
28. Emelyanov A. K., Usenko T. S., Tesson C. et al. Analysis of genetic variability in Parkinson's disease in Russia // *Neurobiology of Aging*. 2018;(71C):272.
29. Miroshnikova V. V., Panteleeva A. A., Pobozheva I. A. et al. ABCA1 and ABCG1 DNA methylation in epicardial adipose tissue of patients with coronary artery disease // *BMC Cardiovascular disorders*. 2021;21(1):1–12. Doi: 10.1186/s12872-021-02379-7.
30. Miroshnikova V. V., Polyakova E. A., Pobozheva I. A. et al. FABP4 and Omentin-1 Gene Expression in Epicardial Adipose Tissue from Coronary Artery Disease Patients // *Genet Molecular Biology*. 2021;44(4):E20200441. Doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2020-0441.
31. Miroshnikova V. V., Romanova O. V., Ivanova O. N. et al. Targeted sequencing identified novel variants in the LDLR gene in Russian patients with familial hypercholesterolemia // *Biomedical Reports*. 2021;14(1):1. Doi: 10.3892/br.2020.1391.
32. D'yachenko N. A., Ulitina A. S., Lukina O. V., Pchelina S. N., Trofimov V. I., Mironova Z. A. MicroRNA miR-21 and miR-146a expression in male with a combination of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease // *Pulmonologiya*. 2020;30(3):263–269. (In Russ.). Doi: 10.18093/0869-0189-2020-30-3-263-269.
33. Taraskina A. E., Nasyrova R. F., Zabolotina A. M. et al. Potential diagnostic markers of olanzapine efficiency for acute psychosis: a focus on peripheral biogenic amines // *BMC psychiatry*. 2017;17(1):1–12. Doi: 10.1186/s12888-017-1562-1.
34. Grunina M. N., Belinskaia M. A., Zhuravlev A. S. et al. Aberrant alternative splicing of HTR2A exon II in peripheral blood lymphocytes of drug-naïve schizophrenic patients. *Heliyon*. 2020;6(12):E05809. Doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05809.
35. Kopytova A. E., Rychkov G. N., Nikolaev M. A. et al. Ambroxol increases glucocerebrosidase (GCase) activity and restores GCase translocation in primary patient-derived macrophages in Gaucher disease and Parkinsonism // *Parkinsonism & Related Disorders*. 2021;(84):112–121. Doi: 10.1016/j.parkreldis.2021.02.003
36. Usenko T., Bezrukova A., Basharova K. et al. Comparative Transcriptome Analysis in Monocyte-Derived Macrophages of Asymptomatic GBA Mutation Carriers and Patients with GBA-Associated Parkinson's Disease // *Genes (Basel)*. 2021;12(10):1545. Doi: 10.3390/genes12101545.
37. Shvarts E. I., Ivashchenko T. E., Gol'tsov A. A., Kabov O. K., Gorbunova V. N., Baranov V. S. Dna polymerase chain reaction in analysis of restriction polymorphism frequency of the dna locus cs-7 in the population and in families of patients with mucoviscidosis // *Doklady Biological Sciences*. 1989;307(2):455–457. (In Russ.).
38. Vlasov I., Panteleeva A., Usenko T. et al. Transcriptomic Profiles Reveal Downregulation of Low-Density Lipoprotein Particle Receptor Pathway Activity in Patients Surviving Severe COVID-19 // *Cells*. 2021;10(12):3495. Doi: 10.3390/cells10123495.

Информация об авторе

Пчелина Софья Николаевна, доктор биологических наук, руководитель Отдела молекулярно-генетических и нанобиологических технологий НИЦ, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-7431-6014.

Information about author

Pchelina Sofya N., Dr. of Sci (Biol.), Head of the Department of Molecular, Genetic, and Nanobiological Technologies of the Research Center, Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-7431-6014.