

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора по научной работе
Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук»,
Заведующий лабораторией систем
молекулярного клонирования,
доктор биологических наук, профессор
И. В. Равин
« 4 » сентября 2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» на диссертацию Фирсова Алексея Петровича на тему: «Получение рекомбинантных белков промышленного и фармацевтического назначения в растительных экспрессионных системах», представленную к защите в диссертационный совет 24.1.016.01 (Д 006.027.01), на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» на соискание учёной степени доктора биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.

В последние десятилетия потребность в рекомбинантных белках для медицины, ветеринарии и пищевой промышленности неуклонно возрастает. Только за период 2020–2024 гг. FDA одобрило свыше 70 новых биологических препаратов на основе рекомбинантных белков и антител, а их доля в общем числе регуляторных одобрений устойчиво превышает 30% [данные FDA; Matera et al., Molecules, 2024; Papapetropoulos et al., Br. J. Pharmacol., 2024]. Мировой рынок рекомбинантных терапевтических белков в 2024 году превысил 23 млрд долл. США и, по прогнозам, к 2033 году вырастет почти втрое — до 77 млрд долл., что наглядно свидетельствует о масштабах и динамике этого рынка. Традиционные экспрессионные системы — бактериальные, дрожжевые, основанные на клетках млекопитающих — имеют существенные ограничения: либо не обеспечивают корректных посттрансляционных модификаций, либо сопряжены с высокой стоимостью производства, либо несут риски контаминации патогенами человека и животных.

Растительные экспрессионные системы представляют собой перспективную альтернативу, сочетающую близкий к животным белоксинтезирующий аппарат, отсутствие специфических патогенов человека, возможность практически неограниченного масштабирования производства и существенно более низкую его стоимость. Вместе с тем широкое внедрение технологий биофарминга сдерживается рядом нерешённых проблем: недостаточным уровнем накопления целевых белков в

растениях-продуцентах, сложностью их выделения и очистки из растительной биомассы и др.

Решение этих проблем требует системного подхода: изучения закономерностей накопления рекомбинантных белков в различных компартментах клетки и органах растения, оптимизации структуры экспрессионных кассет, разработки замкнутых культивационных систем и эффективных протоколов выделения целевых продуктов. Особый интерес в этом контексте представляют как традиционные сельскохозяйственные культуры — томат, обеспечивающий высокое накопление целевого белка в плодах, — так и водные растения семейства *Lemnaceae*, прежде всего ряска малая (*Lemna minor*), оптимально приспособленная для культивирования в замкнутых биореакторных системах.

Таким образом, диссертационная работа Фирсова А.П., посвящённая разработке и изучению растительных экспрессионных систем для получения рекомбинантных белков промышленного и фармацевтического назначения на основе трансгенных растений томата и ряски малой, является своевременной и отвечает актуальным задачам современной биотехнологии.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ.

Научная новизна представленной диссертации не вызывает сомнений. Автором впервые комплексно изучено влияние внутриклеточной компартментализации рекомбинантных белков на уровень их накопления в гетерологичных растениях-продуцентах и показано, что максимальное накопление тауматина II достигается при его экспрессии в препроформе с нативными сигнальными пептидами. Органом, оптимальным для накопления тауматина II в растениях томата, являются его плоды.

Впервые рекомбинантный тауматин II выделен из плодов томата, подтверждена его идентичность натуральному белку, а органолептические характеристики полностью соответствуют таковым у тауматина из природного источника *Thaumatococcus daniellii*.

Впервые получены стабильно трансформированные растения ряски малой (*Lemna minor*), экспрессирующие пептид M2e вируса гриппа птиц H5N1 в слиянии с субъединицей В рицина, и продемонстрирована иммуногенность полученного слитого белка при оральной иммунизации лабораторных животных.

Впервые получены трансгенные растения ряски малой, продуцирующие рекомбинантный гранулоцитарный колониестимулирующий фактор человека на уровне до 70 мг/кг сырой массы, что превышает показатели большинства аналогичных работ с использованием стабильно трансформированных растений.

Значимость научных положений и выводов, изложенных в работе, является неоспоримой. Диссертация представляет собой исследование высокой комплексности, основанное на сочетании классических и современных методов молекулярной биологии и генетической инженерии растений, включая агробактериальную трансформацию, методы культивирования и регенерации растений *in vitro*, ПЦР- и ОТ-ПЦР-анализ, вестерн-блот, иммуноферментный анализ, жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию. Представленные результаты подтверждаются обширным набором экспериментов, выполненных на различных стадиях исследования с использованием нескольких независимых трансгенных линий, а также надлежащей статистической обработкой полученных данных.

Научные положения и заключения диссертации базируются на широком охвате

фундаментальных и прикладных исследований, выполненных как отечественными, так и зарубежными учёными в области биофарминга и растительных экспрессионных систем. Полученные данные систематизированы и сопоставлены с уже опубликованными работами других исследователей, что позволяет объективно оценить вклад автора в развитие данного направления. Заключение диссертации соответствует поставленным целям и задачам исследования и находится в полном согласии с основными выводами проведённой работы.

Практическая значимость диссертации определяется возможностью непосредственного использования полученных результатов в биотехнологическом производстве. Разработанные трансгенные линии томата, накапливающие тауматин II в плодах на уровне до 150 мг/кг сырой массы, представляют интерес для пищевой и фармацевтической промышленности в качестве продуцентов этого сверхсладкого белка. Разработанный протокол выделения рекомбинантного тауматина II из плодов томата, обеспечивающий выход 73,7% и чистоту 93,1%, пригоден для масштабирования. Трансгенные линии ряски малой, продуцирующие рекомбинантный ГКСФ человека, перспективны для дальнейшей разработки на их основе замкнутых культивационных систем, минимизирующих экологические риски неконтролируемого распространения рекомбинантной ДНК в окружающей среде. Полученные экспрессионные конструкции и протоколы трансформации успешно применены при работе с родственными видами — вольфией бескорневой (*Wolffia arrhiza*), что свидетельствует об универсальности разработанных подходов.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, материалов и методов, результатов и обсуждения, выводов, списка сокращений, списка цитируемой литературы, включающего 480 наименований. Работа изложена на 363 страницах и содержит 86 рисунков и 43 таблицы.

Во введении обоснована актуальность и научная новизна темы, охарактеризована степень её разработанности. Цель исследования и сформулированные в соответствии с ней задачи логически взаимосвязаны. Обоснованность положений, выносимых на защиту, не вызывает сомнений. Экспериментальные данные получены с применением современных методов молекулярной биологии и генетической инженерии. Достоверность результатов обеспечена использованием адекватных методов статистической обработки, а также подтверждена 17 публикациями в ведущих отечественных и зарубежных научных изданиях.

Обзор литературы содержит систематический анализ современного состояния исследований в области получения рекомбинантных белков с использованием растительных экспрессионных систем. В первых разделах рассмотрены основные типы экспрессионных систем – бактериальные, дрожжевые, на основе клеток насекомых и млекопитающих, трансгенных животных – приведён их сравнительный анализ, выделены достоинства и недостатки каждого подхода, а также обоснована перспективность растений как альтернативной платформы для биофарминга. Отдельный раздел посвящён анализу коммерциализации рекомбинантных белков, полученных в растительных системах, с примерами уже представленных на рынке продуктов. Далее подробно рассмотрены два основных подхода к получению рекомбинантных белков в растениях – стабильная трансформация (ядерная и пластидная) и транзientная экспрессия

(агроинфильтрация и вирусные векторы), приведён их сравнительный анализ. В работе дана характеристика основных растительных платформ на основе стабильно трансформированных растений, с особым вниманием к томату, ряске малой и вольфии бескорневой как наиболее перспективным объектам, а также рассмотрены замкнутые культивационные системы, обеспечивающие контролируемое и экологически безопасное производство рекомбинантных белков. Значительное внимание уделено молекулярно-биологическим подходам к повышению уровня экспрессии гетерологичных белков в растениях, включая оптимизацию кодонного состава, выбор промоторов и компартментализацию целевых белков. В обзоре подробно охарактеризованы объекты, выбранные для экспериментального исследования: сверхслабкий белок тауматин II – его структура, физико-химические свойства, биологическая роль, опыт экспрессии в трансгенных растениях и перспективы использования; пептид M2e вируса гриппа птиц – консервативный антиген, рассматриваемый как основа для создания универсальных противогриппозных вакцин, для которого проанализированы структура и свойства белка M2, использование пептида M2e в качестве антигена, а также существующие примеры экспрессии M2e в растительных системах; гирудин – природный антикоагулянт из пиявки медицинской, его структура, свойства и существующие экспрессионные системы для его получения; гранулоцитарный колониестимулирующий фактор человека – его структура, функции, клиническое применение и опыт экспрессии в гетерологичных системах. В заключении по обзору литературы обобщены данные о современном состоянии исследований в области биофарминга, сформулированы нерешённые проблемы и определены направления дальнейших исследований, что логично обосновывает актуальность и цель представленной диссертационной работы. Представленные в обзоре литературы сведения необходимы и достаточны для понимания сути диссертационной работы.

Глава, посвящённая **материалам и методам**, содержит подробное описание объектов исследования, использованных материалов и методических подходов. Данный раздел написан очень тщательно, описаны все методики, которые были применены в работе. Автор привёл детальную информацию по использованным штаммам и векторам, реагентам, а также по всем методикам – молекулярно-генетическому анализу трансгенных растений (ПЦР, Саузерн-блот гибридизация, ОТ-ПЦР), количественному анализу белков (Вестерн-блот, иммуноферментный анализ, асиалофетuin-связывающий ИФА), агробактериальной трансформации табака, томата и ряски малой, хроматографической очистке рекомбинантных белков, органолептическому анализу и оценке иммуногенности. Подробное и последовательное изложение всех этапов экспериментальной работы позволяет адекватно оценить достоверность полученных результатов и при необходимости воспроизвести описанные эксперименты.

Глава **«Результаты и обсуждение»** диссертационной работы Фирсова А.П. логично разделена на смысловые разделы, последовательно раскрывающие основные направления исследования.

В части, посвящённой изучению влияния локализации рекомбинантных белков в различных компартментах клетки и органах растения на уровень их накопления, на примере сверхслабкого белка тауматина II показано, что максимальное его накопление в трансгенных растениях табака наблюдается при экспрессии в препроформе с нативными N- и C-концевыми сигнальными пептидами.

При переходе к растениям томата показано, что накопление тауматина II в плодах в

20–100 раз превышает таковое в листьях и достигает 4% от общего растворимого белка. Трансгенные линии томата по агрономическим характеристикам полностью соответствуют исходному сорту Ялф.

Разработан лабораторный протокол выделения рекомбинантного тауматина II из плодов томата, обеспечивающий выход 73,7% и чистоту 93,1%. Идентичность полученного белка натуральному тауматину подтверждена методом MALDI-MS и органолептическим анализом.

В работе подтверждена возможность получения пептида M2e вируса гриппа птиц в стабильно трансформированных растениях табака и ряски малой. Показано, что экспрессия пептида M2e возможна только в составе слитого белка с β -глюкуронидазой или субъединицей В рицина (RTB), причём уровень его накопления выше при слиянии с β -глюкуронидазой. Однако β -глюкуронидаза не обладает адъювантными свойствами, тогда как RTB проявляет выраженный адъювантный эффект. Оральная иммунизация мышей слитым белком RTB-M130, полученным в трансгенных растениях ряски, индуцирует специфические антитела к M2e в существенно более высоком титре, чем при иммунизации белком M130- β -глюкуронидаза, что подтверждает эффективность RTB как адъюванта при оральном введении антигена.

Были получены растения ряски малой, трансформированные геном гирудина, и показана возможность его экспрессии в трансгенных растениях. Накопление рекомбинантного гирудина составило 1 – 2 мкг/г сырой массы. Для получения белка в значимых количествах данного уровня недостаточно.

В следующем разделе показана возможность получения в трансгенных растениях ряски малой другого белка медицинского назначения – гранулоцитарного колониестимулирующего фактора человека. Показано, что рекомбинантный ГКСФ человека накапливался в растениях ряски малой на высоком уровне – до 70 мкг/г сырой массы ряски. Оптимизированы способы его очистки.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫВОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ, А ТАКЖЕ ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ.

Представленная диссертация представляет собой законченное научное исследование, охватывающее широкий круг вопросов, связанных с разработкой и оптимизацией растительных экспрессионных систем для получения рекомбинантных белков индустриального и фармацевтического назначения. Анализ значительного объёма экспериментальных данных, полученных на протяжении многолетней работы с трансгенными растениями табака, томата и ряски малой, а также глубокий критический обзор отечественных и зарубежных публикаций по тематике биофарминга свидетельствуют о достаточной обоснованности всех положений, выносимых на защиту.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением широкого комплекса современных, апробированных методов молекулярной биологии и биотехнологии: агробактериальной трансформации растений, ПЦР- и ОТ-ПЦР-анализа, вестерн-блот-анализа, иммуноферментного анализа, аффинной и ионообменной хроматографии, масс-спектрометрии (MALDI-MS), а также Саузерн-блот-анализа для подтверждения интеграции целевых генов в геном растений-продуцентов. Все ключевые результаты воспроизведены в независимых сериях экспериментов с использованием нескольких независимых трансгенных линий, что исключает артефактный характер полученных данных. Статистическая обработка результатов проведена с использованием

дисперсионного анализа ANOVA в программе Statistica 6.1, что соответствует стандартным требованиям к обработке биологических данных. Сформулированные автором выводы логически вытекают из совокупности полученных экспериментальных данных, являются научно обоснованными и изложены в полном объёме. Текст диссертации отличается высоким качеством научного изложения и чёткой логической структурой.

Личный вклад соискателя.

Личный вклад соискателя является определяющим на всех этапах выполненной работы. Автор лично участвовал в постановке целей и задач исследования, планировании и проведении ключевых экспериментов по получению трансгенных растений, анализу экспрессии целевых белков, разработке протоколов их выделения и очистки, а также в интерпретации, систематизации и обобщении полученных результатов. Диссертантом лично разработаны генетические конструкции для экспрессии тауматина II, пептида M2e вируса гриппа птиц H5N1, гирудина и гранулоцитарного колониестимулирующего фактора человека в трансгенных растениях; получены и охарактеризованы соответствующие трансгенные линии табака, томата и ряски малой. Автор лично разработал и верифицировал лабораторный протокол выделения рекомбинантного тауматина II из плодов томата, обеспечивающий высокий выход и чистоту целевого продукта. Имена соавторов указаны в соответствующих публикациях, подготовка которых к печати также осуществлялась при непосредственном участии диссертанта.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения диссертации и материалы проведенных исследований были представлены на научных конференциях: Plant-based vaccines & antibodies (Верона, Италия, 2009); Mucosal vaccines, adjuvants & delivery 2013 Conference (Копенгаген, Дания, 2013); International Association of Plant Biotechnology Congress 2014 (Мельбурн, Австралия, 2014); International Conference on Duckweed research and applications (Керала, Индия, 2017); 14th Quadrennial Congress of the International Association of Plant Biotechnology (IAPB) (Дублин, Ирландия, 2018); 5th International ICDRA Conference Duckweed research and applications (Реховот, Израиль, 2019); 6-я международная научная конференция «Генетика, геномика, биоинформатика и биотехнология растений (PlantGen2021)» (Новосибирск, Россия, 2021); IV международная научно-практическая конференция «Геномика и современные биотехнологии в размножении, селекции и сохранении растений (GenBio2024)» (Москва, Россия, 2024) и другие.

ПОЛНОТА ПУБЛИКАЦИИ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В НАУЧНОЙ ПЕЧАТИ.

По материалам диссертации опубликовано 16 статей в журналах, входящих в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, 2 главы в монографиях, а также тезисы докладов на российских и международных конференциях.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ.

Полученные автором результаты и сделанные на их основании выводы имеют широкий спектр применения в фундаментальной и прикладной биотехнологии, пищевой и

фармацевтической промышленности. Трансгенные линии томата, накапливающие тауматин II в плодах на уровне до 150 мг/кг сырой массы, а также разработанный протокол его выделения и очистки могут быть рекомендованы к практическому использованию в пищевой промышленности. В свете задач практической биотехнологии использование трансформированной ряски малой в качестве платформы для производства рекомбинантного гранулоцитарного колониестимулирующего фактора человека представляется высокоперспективным и технологически обоснованным решением. Разработанные экспрессионные конструкции и протоколы трансформации могут быть использованы при создании замкнутых культивационных систем на основе растений семейства *Lemmaeae*.

Диссертационная работа написана ясным, логически выверенным языком, все разделы изложены последовательно и взаимосвязано. Экспериментальная часть выполнена на высоком научно-методическом уровне с применением современных подходов молекулярной биологии и генетической инженерии. Интерпретация полученных данных логична, аргументирована и базируется на корректном анализе результатов. Работа представляет собой завершённое, обширное по объёму исследование, имеющее широкое значение для развития биотехнологии растений. Тщательная литературная обработка текста и выверенность формулировок свидетельствуют о высоком научном уровне представленной работы.

Вместе с тем при ознакомлении с работой возник ряд вопросов и замечаний, которые, не умаляя общей положительной оценки, могут быть учтены при дальнейшей разработке темы.

1. В разделе “Обзор литературы” в таблице 12 (Некоторые примеры исследований по разработке вакцин против гриппа на основе пептида M2e) приводится пример отечественной вакцины на основе M2e пептида, который прошёл I фазу клинических испытаний (“Слитый белок, включающий пептид M2e, консервативный регион субъединицы 2 гемагглютинаина и искусственный самособирающийся пептид (SAP)” с соответствующей ссылкой [333, Schmitz N., Beerli, R.R., Bauer M., Jegerlehne, A., Dietmeier K., Maudrich M., Pumpens P., Saudan P. Bachmann M.F. Universal vaccine against influenza virus: Linking TLR signaling to anti-viral protection // European Journal of Immunology. 2012. Vol. 42. № 4. P. 863-869.]. Однако вакцинный препарат “Унифлю” основан на 4 копиях M2e пептида, присоединённых к ядерному антигену вируса гепатита В. Указанная ссылка также не относится к разрабатываемому препарату.

2. В списке цитируемой литературы содержится менее 10 ссылок на публикации за последние 5 лет из 480 источников. Это несколько затрудняет оценку актуальности работы в контексте самых свежих мировых достижений в области биофарминга.

3. Некоторые разделы главы «Результаты и обсуждение» (в частности, 3.1.5, 3.2.1, 3.5.3) содержат излишне детализированные описания методик с перечислением концентраций реактивов и условий реакций, которые более уместны в главе «Материалы и методы». Это несколько перегружает текст и нарушает логику изложения результатов.

4. Трансгенные линии томата с апопластной локализацией тауматина (pGD-It) продемонстрировали резкое снижение урожайности и практически полное отсутствие фертильных семян. Автор исключает эти линии из дальнейшей работы, но не анализирует причину столь выраженного эффекта. Учитывая, что конструкция содержала сигнальный пептид и интрон дефензина редьки *rs-afp2*, не исключено влияние именно этих

регуляторных элементов, а не апопластной локализации тауматина как таковой. Был ли предпринят анализ для выяснения механизма этого явления?

5. Вывод о димерной природе белка RTB-M130, детектируемого в виде полосы с молекулярной массой около 80–85 кДа (рисунок 60), является предположительным и недостаточно обоснованным. В работе отсутствует контрольный образец рекомбинантного RTB, полученного аналогичным способом. Качество вестерн-блот анализа, представленного на рисунке 60, — наличие множественных неспецифических полос — не позволяет с достаточной уверенностью утверждать, что наблюдаемая полоса соответствует именно димерной форме целевого белка, а не является результатом неспецифического связывания антител с растительными белками. На рисунке 61 представлен лишь вестерн-блот очищенного препарата без соответствующего электрофоретического анализа в окрашенном геле, что не позволяет оценить степень чистоты полученного белка и исключить присутствие других иммунореактивных компонентов.

6. Раздел 3.5.3.1 («Подготовка препарата общего белка ряски для иммунизации») содержит описание процедуры частичной очистки, однако не сопровождается результатами электрофоретического анализа полученных препаратов, не приведены данные об их чистоте и степени обогащения по целевому белку. Отсутствие этих данных не позволяет оценить, в какой мере наблюдаемый иммунный ответ обусловлен именно слитым белком RTB-M130, а не сопутствующими растительными белками. Помимо этого, в работе отсутствует обоснование выбранных доз антигена при оральной иммунизации с учетом предположительной олигомеризации.

7. Для окончательного подтверждения вакцинного потенциала слитого белка RTB-M130, полученного в трансгенных растениях ряски, необходимы эксперименты по оценке протективного действия на модели летальной инфекции вируса гриппа. Представленные в диссертации данные ограничиваются фиксацией факта индукции специфических антител к пептиду M2e, однако без оценки защитного эффекта при экспериментальном заражении вирусом вывод о перспективности разработанной системы для создания вакцин носит предварительный характер.

8. На рисунке 82 в препаратах общего белка трансгенных растений ряски помимо основной полосы (~20 кДа), соответствующей рекомбинантному ГКСФ, отчетливо детектируются множественные низкомолекулярные полосы, интерпретируемые автором как продукты деградации целевого белка. На рисунке 86, представляющем результаты очистки, количество нанесённого белка недостаточно для однозначной оценки присутствия или отсутствия продуктов деградации в очищенных фракциях. При этом в диссертации не приведены итоговые показатели выхода и степени чистоты рекомбинантного ГКСФ после очистки, аналогичные тем, что представлены для тауматина II.

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы Фирсова А.П. и могут быть прояснены диссертантом в ходе защиты.

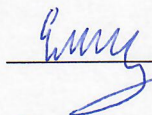
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.6 — Биотехнология. Автореферат и научные публикации соответствуют содержанию диссертации. Высказанные замечания и пожелания не имеют принципиального значения и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация

Фирсова Алексея Петровича на тему: «Получение рекомбинантных белков индустриального и фармацевтического назначения в растительных экспрессионных системах» представляет собой законченную научно-квалификационную исследовательскую работу, которая по своей актуальности, методическому решению поставленных задач, большому объёму выполненной работы, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней» (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор А.П. Фирсов заслуживает присуждения учёной степени доктора биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология.

Отзыв на диссертационную работу Фирсова Алексея Петровича на тему: «Получение рекомбинантных белков индустриального и фармацевтического назначения в растительных экспрессионных системах» рассмотрен и одобрен на заседании Института биоинженерии им. К.Г. Скрябина Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», протокол № 1 от 1 сентября 2026 г.

Ведущий научный сотрудник
лаборатории Систем молекулярного клонирования
Института биоинженерии им. К.Г. Скрябина
Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии»,
доктор биологических наук,
Специальность 1.5.3. – молекулярная биология

 Марданова Евгения Сергеевна

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», 119071 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, дом 33, строение 2. Контактный телефон +7 (495) 954-52-83, Email: info@fbras.ru.

Подпись сотрудника Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» Мардановой Е.С. удостоверяю:

Ученый секретарь
кандидат биологических наук



 Орловский А.Ф.