

# О ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ ПО НОВОЙ ПРОГРАММЕ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И АГРОБИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (СПбГУ)

Тихонович И.А., Лутова Л.А.\* , Матвеева Т.В.

Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
биологический факультет, кафедра генетики и биотехнологии,  
199034 Россия, г.Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9;  
✉ \*la.lutova@gmail.com

Развитие агропромышленного комплекса в современных условиях невозможно себе представить без развития агробιοтехнологий, для чего в свою очередь, требуются специалисты, обладающие глубокими знаниями биологии, химии и смежных наук. В этой связи необходима подготовка кадров, способных обеспечить активное внедрение современных технологий в сельскохозяйственные науки. Таких специалистов до недавнего времени вообще не готовили в классических университетах, к которым принадлежит СПбГУ. Для решения этой задачи в СПбГУ была разработана и реализуется магистерская программа «Молекулярная биология и агробιοтехнология растений». В создании и реализации программы задействованы преподаватели восьми кафедр биологического факультета СПбГУ. Представленная программа ориентирована на ознакомление учащихся с современными проблемами, достижениями, методологией агробιοтехнологии растений, возможностями применения знаний на практике. Особое внимание уделено формированию у слушателей представлений о возможности и необходимости вывести селекцию растений на уровень требований и возможностей «постгеномной эры» для создания высокопродуктивного и устойчивого сельскохозяйственного производства с минимальными экологическими рисками. В программе органично сочетаются теоретические курсы с практическими занятиями и выполнением исследовательских работ на базе СПбГУ и научно-исследовательских институтов Санкт-Петербурга. Большое внимание уделяется выработке у студентов навыков ведения научных дискуссий, умению представлять свои научные данные в разных форматах, в том числе на английском языке, что является очень важным в плане отслеживания современных научных тенденций и интеграции собственных исследований в мировую науку. Программа пользуется популярностью у студентов, а многие ее выпускники были трудоустроены в ведущие НИИ биологического и сельскохозяйственного профиля.

**Ключевые слова:** молекулярная биология растений, агробιοтехнология, подготовка магистров, СПбГУ.

## Прозрачность финансовой деятельности/ Financial transparency

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах/ The authors have no financial interest in the presented materials or methods

**Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/ The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work**

## Дополнительная информация/ Additional information

Полные данные этой статьи доступны/ Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-1-04>

**Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/ The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer**

**Все авторы одобрили рукопись/ All authors approved the manuscript**

**Конфликт интересов отсутствует/ No conflict of interest**

## ON STUDENTS TRAINING IN A NEW MASTERS PROGRAM "MOLECULAR BIOLOGY AND PLANT AGROBIOTECHNOLOGY" AT St. PETERSBURG STATE UNIVERSITY (SPbSU)

Tikhonovich I.A., Lutova L.A.\* , Matveeva T.V.

Department of Genetics and Biotechnology, St. Petersburg State University,  
7/9, University Emb., St. Petersburg 199034, Russia;  
✉ \*la.lutova@gmail.com

The development of an agro-industrial complex under present-day conditions is impossible to imagine without the development of agro-biotechnology, which in turn requires specialists with profound knowledge of biology, chemistry and related sciences. In this regard, training of personnel is needed to ensure active implementation of modern technologies in agricultural sciences. Until recently, such specialists have not been trained at classical universities, to which St. Petersburg State University belongs. To deal with this challenge, a Masters Program «Molecular Biology and Agrobiotechnology of Plants» has been developed and is being implemented in SPbSU. Teaching staff from eight departments of the Biological Faculty of SPbSU is involved in the creation and implementation of the Program. The Program in question is focused on familiarizing students with the modern problems, achievements, methodology of agro-biotechnology of plants, as well as on practical application of the obtained knowledge. Special attention is paid to the formation of trainees' perceptions of the possibility and necessity of bringing plant breeding to the level of requirements and possibilities of the «post-genome era» to achieve high productivity and sustainability of agricultural production with minimal environmental risks. The Program seamlessly integrates practical exercises and students' research work in the SPbSU facilities, as well as that performed at St. Petersburg research institutes. Much attention is paid to the development of students' skills in conducting scientific discussions and in presenting their scientific data in different formats, for instance in English, which is very important for monitoring current scientific trends and integrating own research into world science. The Program is popular with students and many of its graduates have been employed by the leading biological and agricultural research institutes.

**Key words:** plant molecular biology, agrobiotechnology, masters training, St. Petersburg State University.

**Для цитирования:** Тихонович И.А., Лутова Л.А., Матвеева Т.В. О подготовке магистров по новой программе «Молекулярная биология и агробιοтехнология растений» в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ). *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(1):7-12. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-04

**For citation:** Tikhonovich I.A., Lutova L.A., Matveeva T.V. On Students Training in a New Masters Program "Molecular Biology and Plant Agrobiotechnology" at Saint-Petersburg State University (SPbSU). *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(1):7-12. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-04

## ORCID:

Tikhonovich I.A. <https://orcid.org/0000-0001-8968-854X>  
Lutova L.A. <https://orcid.org/0000-0001-6125-0757>  
Matveeva T.V. <https://orcid.org/0000-0001-8569-6665>

УДК 371.314.

Поступила в редакцию: 21.05.2020

Принята к публикации: 02.06.2020

Подготовка специалистов в области современных биологических знаний является актуальной для развития исследований в области агропромышленного комплекса (АПК), который в настоящий момент интенсивно развивается в нашей стране и это является гарантом не только продовольственной безопасности, но и приумножения экспортного потенциала страны. В этой связи требуется обеспечить опережающее развитие научных исследований, а главное подготовку кадров, способных обеспечить активное внедрение современных технологий, основанных на комплексном использовании так называемых «омик» (геномика, протеомика, метаболомика и др.). Данный период характеризуется тем, что исследователи могут иметь всю информацию об особенностях структуры и функции генетического материала организмов: набор генов и их аллелей, транскриптома, протеома, метаболома и т. д. Выполнять работу на таком уровне способны специалисты, владеющие методологией генетического анализа с использованием современных молекулярных подходов. Именно совместные усилия специалистов - генетиков и молекулярных биологов необходимы для достижения целей, которые стоят перед сельским хозяйством – создание технологий селекции следующего поколения (next generation breeding, NGB). В связи с этим Правительство страны предпринимает энергичные усилия для развития генетических технологий на основе создаваемых новых подразделений генетического профиля. Однако, кадровая проблема остается не решенной и встает в «полный рост». К требованиям знания новых технологий и владения комплексом молекулярно-генетических методов добавляется и необходимость понимания и знания современных проблем земледелия в широком смысле, включающем почвоведение, агрохимию, экологию, физиологию и биохимию растений.

Таких специалистов до недавнего времени вообще не готовили в классических университетах, к которым принадлежит СПбГУ. Университет продолжает развивать известные в нашей страны школы в области генетики, микробиологии, физиологии и биохимии растений. Именно в СПбГУ 100 лет назад была организована первая кафедра генетики. Поэтому с полной ответственностью университетское образование предполагает получение студентами знаний по широкому кругу дисциплин, что обеспечивает возможность создания программ обучения нового типа – сочетающих современные молекулярно-биологические компетенции со знанием проблем биологии в целом. Последнее особенно важно, поскольку растения и животные, используемые в сельскохозяйственном производстве, редко становятся объектами молекулярно-биологических исследований. Все эти, а также многие другие проблемы должны быть учтены при организации подготовки специалистов, владеющих соответствующими знаниями и полным комплексом современных методов. Таких специалистов, по нашим подсчетам, только для Санкт-Петербургских НИИ требуется в год не менее 30 человек.

В связи с вышеизложенным, на биологическом факультете СПбГУ создана новая межфакультетская магистерская программа, которая может стать основой для подготовки специалистов, готовых работать в сфере научного обеспечения АПК на уровне современных требований. Ранее, в связи с юбилеем Новгородского Университета, проходила конференция, на которой было доложено о создании и функционировании магистерской программы. Результаты конференции опубликованы в сборнике, куда частично вошли сведения изложенные в данной статье (Тихонович, 2019).

Содержание программы и курсы, входящие в нее, можно условно разделить на несколько разделов.

### **1. Взаимодействия растений в сообществах, молекулярные механизмы формирования микробно-растительных генетических систем**

В этом разделе магистранты получают представление о генетических ресурсах планеты и механизмах их использования растениями. Блок включает современный курс «**Метагеномика**», который дает возможности для решения фундаментальных и прикладных проблем. Задачи курса: знакомство с методами анализа некультивированных, в основном почвенных микроорганизмов, сравнительное изучение генов и геномов, получение представлений о соотношениях генетической информации про- и эукариот.

Уникальный курс данного блока «**Симбиогенетика – формирование надорганизменных растительных систем**» знакомит обучающихся с молекулярно-генетическими механизмами, обеспечивающими длительное совместное существование неродственных организмов (Тихонович, Проворов, 2009; Проворов, Воробьев, 2012). В ходе симбиоза происходит расширение адаптаций эукариот за счет объединения генов партнеров в симбиогеном. В результате создается надорганизменная система, которая обладает такими свойствами или адаптациями, которыми не обладали партнеры по симбиозу до их объединения. Манипулирование генами микробов, полноценных участников цепей взаимодействия растения и микросимбионта, позволяет вовлечь в генетическое конструирование не отдельные гены, а их блоки. Слушатели получают представление также о «принципе дополненности» взаимодействия про- и эукариот на основе их геномов в курсе «**Генетика органелл**», в котором магистранты изучают структурную и функциональную организацию генетических аппаратов органелл растений, митохондрий и хлоропластов, имеющих эндосимбиотическое происхождение в эукариотической клетке. К этому разделу относятся курсы «**Фитопатология**», «**Молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений к биотическим факторам**», целью которых является знакомство студентов с современными молекулярно-генетическими представлениями о болезнях растений и путях защиты растений от болезней в агробиоценозах, с основ-

ными тенденциями развития фитопатологии как самостоятельной научной дисциплины (Багирова и др., 2012). В программе предусмотрен курс «**Фитогеография и растительность России**», в котором раскрывается современное состояние науки о растительных сообществах, особое внимание уделяется аспектам функциональной организации фитоценозов. Рассматриваются связи растений с прокариотами, грибами и животными, типы взаимоотношений между растениями, механизмы формирования состава и структуры растительных сообществ, вопросы популяционной биологии растений, продуктивности растительного покрова.

В целом этот раздел призван сформировать представление о генетических ресурсах планеты и возможности их вовлечения в полезное использование.

## **2. Растения в окружающей среде: агроценоз и фитоценоз**

В данный раздел включены курсы, характеризующие основы существования растений во взаимодействии с окружающей средой – «**Основы агрохимии и минерального питания растений**», «**Мембранный транспорт и ионный гомеостаз**», которые формируют у магистрантов комплексное представление об основах агрохимии и минерального питания растений, о доступности элементов и их роли в жизни растения (Битюцкий, 2014).

В курсе «**Почвоведение**» рассматриваются: перманентная мировая агротехническая революция (зеленая, трансгенная, информационная), альтернативные системы земледелия (биодинамическая, органическая и др.) как общественные формы протеста против интенсификации, последствия экстенсивного и интенсивного (техногенного) земледелия, смена парадигмы природопользования (sustainable development), экологический императив, законы природопользования и экологизация земледелия.

## **3. Растение как отдельное царство**

Данный раздел направлен на формирование у слушателей комплексных знаний о своеобразии растений среди живого на Земле. Курс «**Биология клетки**» создан на основе современных представлений об организации клетки и ее функционировании, о сходстве и различиях в организации эукариот и прокариот, животных и растительных клеток.

Курс «**Фитогормоны**» дает знания о метаболизме, физиологической роли и механизме действия основных гормональных веществ растений, включая химическую структуру, реакции синтеза и инактивации, транспорт фитогормонов растений, механизм рецепции и трансдукции гормональных сигналов, действие фитогормонов на геном и мембранный транспорт (Медведев, 2013; Медведев и др., 2013; Медведев, Шарова, 2011, 2014; Шишова и др., 2008).

В курсе «**Генетика развития растений**» студенты узнают о том, как осуществляется регуляция развития растений на различных уровнях, изучают основные методы, используемые при исследовании растений, и их применение для изучения различных программ развития (Лутова и др, 2010).

Курс «**Лекарственные растения**» формирует представление об основных группах физиологически активных соединений, синтезируемых лекарственными растениями, способах агрокультуры, биотехнологии и использования лекарственных растений, в первую очередь, как продуцентов веществ вторичного метаболизма в медицине.

Особенно важным в настоящее время является курс «**Семеноводство**», позволяющий сформировать у студентов целостное представление о биологии покоя и прорастания семян высших растений, а также об основах промышленного семеноводства сельскохозяйственных культур, которое необходимо вновь организовывать и налаживать в России.

Курс «**Основы протеомики**» с практикумом необходим для формирования представления об основных аналитических принципах и методических приемах протеомных исследований (Падкина и др., 2012). Курс сопровождается большим практикумом, который проводится на базе Ресурсного Центра СПбГУ.

Курс «**Эпигенетические процессы у растений**» с практикумом освещает особенности эпигенетических модификаций у растений, а практические занятия дают навыки работы с культурами растительных клеток. В курсе рассматриваются процессы метилирования ДНК, модификации гистонов и изменения структуры хроматина. Специальный раздел включает рассмотрение процессов, определяющих продуктивность растений.

## **4. Растение и человек – взаимное приспособление и генетическая инженерия**

Это основной и самый крупный раздел, который включает целый ряд основополагающих курсов в области современного АПК.

Курс «**Генетические основы доместикации растений**» направлен на знакомство студентов с основными концепциями происхождения культурных растений, генетическим контролем ключевых признаков у важнейших видов. Курс «**Метабономика растений**» завершает рассмотрение «омик» с точки зрения развития технологий в области высокоэффективных методов разделения и идентификации химических соединений. Данный учебный курс сформирует у студентов базовое представление о метаболомике растений, познакомит с комплексом основных подходов, используемых для изучения растительных метаболитов.

В данном разделе особое место занимает курс «**Транскриптомика и мир РНК**», в котором обобщаются современные представления о генетических процес-

сах и роли РНК в регуляции развития растений (Миронова и др., 2017).

Из предыдущих курсов вытекает необходимость направленного изменения генотипа растений как способа преодоления ограниченности генетического потенциала, оценки всего разнообразия аллелей и конструирования новых. Курс «**Генетическая инженерия в биотехнологии сельскохозяйственных растений**» включает лекции, семинары и большой практикум по генной инженерии, методы работы с компьютерными базами данных (Лутова, 2002; Лутова, Матвеева, 2016; Матвеева и др., 2012). Магистранты знакомятся с проблемами современной биотехнологии: редактирование генома растений, способы изучения взаимодействий макромолекул, стволовые клетки растений, соматический эмбриогенез, транскриптомный анализ у растений, методы селекции растений с использованием генной и клеточной инженерии, генная инженерия растений и фармацевтика, безопасность ГМО, и др. На семинарах студенты делают обзорные доклады по различным проблемам генной инженерии, опираясь на самые современные литературные данные. Недавно создан новый курс этого блока «**Новые технологии редактирования генома**», в котором представлены все современные подходы для направленного редактирования генома растений.

Логичным продолжением является курс «**Основы селекции нового поколения**», в котором излагаются обобщенные материалы исследований генетического контроля ключевых признаков, комплексный подход, сочетающий традиционные методы селекции с современными молекулярными и биоинформатическими подходами.

С 2020 года в рамках программы будет читаться новый курс «Генетика растений», в котором особое место будет уделено обсуждению роли генетических коллекций.

Представленный материал, естественно, не отражает всего содержания новой программы и всех читаемых курсов, тем более, что курсы постоянно совершенствуются и дополняются, в том числе и за счет материала, получаемого преподавателями, действующими активными учеными, по мере получения новых знаний. Также и сама двухуровневая система образования, ныне внедренная повсеместно, требует совершенствования. В частности, непредсказуемый состав слушателей и уровень их подготовки заставляют адаптировать содержание программы под слушателей. Наш четырехлетний опыт показал, что программа востребована магистрами, которые за время учебы адаптируются к будущему месту работы в НИИ биологического профиля, выполняют там квалификационную работу под руководством куратора из числа сотрудников учреждения-работодателя, а также руководителя, назначаемого из сотрудников Университета. Это дает возможность органично соединить требования преподавания и выполнения научно-исследовательских работ.

## **Практикумы, как важная составляющая программы**

Отличительной особенностью программы является большое количество лабораторных практикумов, в ходе которых студенты получают практические навыки работы с растениями в культуре *in vitro*, учатся выделять ДНК из самых разных биоматериалов, проводить на ней разнообразные ферментативные реакции, в том числе и создавая рекомбинантные ДНК как элемент генной инженерии. Студенты знакомятся с биохимическими методами, включая методы протеомики и метаболомики, а также с биоинформатическими методами, позволяющими анализировать большие массивы биологических данных. Практикум в рамках курса «**Генетическая инженерия в биотехнологии сельскохозяйственных растений**» отличается тем, что дает возможность последовательного освоения методов в рамках единого продолжительного генно-инженерного эксперимента (Лутова, 2002; Лутова, Матвеева, 2016; Матвеева и др., 2012). Этот подход позволяет не только познакомить студентов с методами, но и наглядно проиллюстрировать возможности каждого метода в рамках целого исследования.

## **Биологические дисциплины на английском языке**

Работая на современном уровне, необходимо постоянно повышать свою квалификацию, совершенствовать свои навыки и следить за мировыми тенденциями в научной литературе. Это невозможно без владения английским языком. Поэтому в рамках магистерской программы существуют две учебные дисциплины, преподаваемые на английском языке. В рамках курса «**Геномика растений и базы данных**» студенты, слушая лекции на английском языке, знакомятся с новыми возможностями, которые дает геномика для решения фундаментальных и прикладных задач изучения растительных объектов. Вторая часть курса подразумевает выполнение практической задачи с использованием баз данных нуклеотидных и белковых последовательностей и программного обеспечения для анализа геномов.

Курс «**Современные проблемы агробиотехнологии растений**» организован в виде спецсеминара. В начале курса студенты учатся представлять на английском языке данные своих научных исследований. Во второй части курса под руководством кураторов (преподавателей кафедры генетики и биотехнологии СПбГУ) студенты готовят обзорные доклады на различные темы из областей биотехнологии, генетики развития растений, симбиогенетики, фитопатологии и др. Слушая доклады однокурсников, студенты учатся обсуждать научные вопросы на английском языке, вести дискуссию.



## После окончания магистратуры студенты получают следующие компетенции:

- свободное владение современными методами проведения разнообразных полевых и лабораторных исследований в области молекулярной биологии и агробиотехнологии растений, навыки культивирования клеток растений и микроорганизмов, умение грамотно использовать современную приборную базу.
- умение профессионально использовать современные компьютерные технологии для сбора, хранения, обработки, анализа и передачи научной информации, в том числе для работы с базами данных.
- владение английским языком на уровне, позволяющем свободно ориентироваться в научной информации по молекулярной биологии и агробиотехнологии растений и способность решать

коммуникативные задачи при работе в иноязычной среде.

- способность анализировать полученные результаты научно-исследовательских работ, нести ответственность за качество выполняемых работ и достоверность научных результатов.
- профессионализм в представлении результатов научно-исследовательских работ в виде докладов, научных публикаций, отчетов.

Программа «Молекулярная биология и агробиотехнология растений» пользуется популярностью у студентов. Фактически все читаемые в рамках программы курсы – авторские, разработанные преподавателями СПбГУ, для них лекторами написаны учебники, которые используют и другие вузы страны.

Магистры, прошедшие обучение по данной программе легко находят работу в ведущих НИИ биологического и сельскохозяйственного профиля.

## References / Литература

- Bagirova S.F., Javakhia V.G., Dyakov Yu.T., Ozeretskoyanskaya O.L., Provorov N.A., Tikhonovich I.A., Shcherbakova L.A. Fundamental phytopathology (Fundamentalnaya fitopatologiya). Yu.T. Dyakov (ed.). Moscow: URSS : Krasand; 2012. [In Russian] (Багирова С.Ф., Джавахия В.Г., Дьяков Ю.Т., Озерецковская О.Л., Проворов Н.А., Тихонович И.А., Щербакова Л.А. *Фундаментальная фитопатология* / под редакцией Ю.Т. Дьякова. Москва: URSS : Красанд; 2012).
- Bityutsky N.P. Mineral nutrition of plants: Textbook (Mineralnoye pitaniye rasteniy: uchebnik). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University; 2014. [In Russian] (Битюцкий Н.П. Минеральное питание растений: учебник. Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета; 2014).
- Lutova L.A. Biotechnology of higher plants: Textbook (Biotehnologiya vysshikh rastenij: uchebnik). St. Petersburg: St. Petersburg University Press; 2003. [In Russian] (Лутова Л.А. Биотехнология высших растений: учебник. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета; 2003).
- Lutova L.A., Ezhova T.A., Doduva I.E., Osipova M.A. Plant developmental genetics: Tutorial for students of higher educational institutions (Genetika razvitiya rastenij: uchebnoye posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenij). S.G. Inge-Vechtomov (ed.). St. Petersburg: N-L Publishing House; 2010. [In Russian] (Лутова Л.А., Ежова Т.А., Додува И.Е., Осипова М.А. Генетика развития растений: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под редакцией С.Г. Инге-Вечтомова. Санкт-Петербург: Н-Л; 2010).
- Lutova L.A., Matveeva T.V. Genetic and cellular engineering in biotechnology of higher plants: Textbook (Gennaya i kletchnaya inzheneriya v biotehnologii vysshikh rasteniy: uchebnik). I.A. Tikhonovich (ed.). St. Petersburg: Eco-Vector; 2016. [In Russian] (Лутова Л.А., Матвеева Т.В. Генная и клеточная инженерия в биотехнологии высших растений: учебник / под редакцией И.А. Тихоновича. Санкт-Петербург: Эко-Вектор; 2016).
- Matveeva T.V., Bogomaz D.I., Lutova L.A. Small workshop on genetic engineering: Tutorial (Maly praktikum po gennoy inzhenerii: uchebnoye posobiye). St. Petersburg: Renome; 2011 [In Russian] (Матвеева Т.В., Богомаз Д.И., Лутова Л.А. Малый практикум по генной инженерии: учебное пособие. Санкт-Петербург: Реноме; 2011).
- Medvedev S.S., Sharova E.I. Plant Developmental Biology. Vol. 1. Basics of plant development biology. Phytohormones (Biologiya razvitiya rastenii. Tom 1: Nachala biologii razvitiya rastenii. Fitogormony). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University; 2011 [In Russian] (Медведев С.С., Шарова Е.И. Биология развития растений. Том 1. Начало биологии развития растений. Фитогормоны. Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета; 2011).
- Medvedev S.S., Sharova E.I. Plant Developmental Biology. Vol. 2. Growth and morphogenesis (Biologiya razvitiya rastenii. Tom 2: Rost i morfogenez). Nizhnevartovsk: Publishing House of Nizhnevartovsk State University; 2014 [In Russian] (Медведев С.С., Шарова Е.И. Биология развития растений. Том 2. Рост и морфогенез. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского государственного университета; 2014).
- Medvedev S.S., Shishova M.F., Emelyanov V.V., Bilova T.E., Tarakhovskaya E.R. Workshop on plant physiology and biochemistry: Tutorial (Praktikum po fiziologii i biokhimii rasteniy: uchebnoye posobiye). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University; 2013. [In Russian] (Медведев С.С., Шишова М.Ф., Емельянов В.В., Билова Т.Е., Тараховская Е.Р. Практикум по физиологии и биохимии растений: учебное пособие. Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета; 2013).
- Medvedev S.S. Plant physiology: [Textbook] (Fiziologiya rastenij: [uchebnik]). St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2013. [In Russian] (Медведев С.С. Физиология растений: [учебник]. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург; 2013).
- Mironova L.N., Padkina M.V., Sambuk E.V. RNA: Synthesis and functions: Tutorial (Sintez i funktsii: uchebnoye posobiye). St. Petersburg: Eco-Vector Publishing; 2017. [In Russian] (Миронова Л.Н., Падкина М.В., Самбук Е.В. РНК: синтез и функции: учебное пособие. Санкт-Петербург: Эко-Вектор; 2017).
- Padkina M.V., Zalutskaya Zh.M., Lapina T.V., Sambuk E.V., Ermilova E.V. Proteomics of microorganisms and plants. Principles, technologies and practical use (Proteomika mikroorganizmoy i rasteniy. Printsipy, tekhnologii i prakticheskoye ispolzovaniye). E.V. Ermilova (ed.). St. Petersburg: TESSA; 2012. [In Russian] (Падкина М.В., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В., Самбук Е.В., Ермилова Е.В. *Протеомика микроорганизмов и растений. Принципы, технологии и практическое использование* / под редакцией Е.В. Ермиловой. Санкт-Петербург: ТЕССА; 2012).
- Provorov N.A., Vorobev N.I. Genetic basis of the evolution of plant-microbial symbiosis (Geneticheskie osnovy evolyucii rastitel'no-mikrobnogo simbioza) I.A. Tikhonovich (ed.). St. Petersburg: Inform-Navigator; 2012. [In Russian] (Проворов Н.А.,

Воробьев Н.И. Генетические основы эволюции растительно-микробного симбиоза / под. редакцией И.А. Тихоновича. Санкт-Петербург: Информ-Навигатор; 2012).

Tikhonovich I.A., Provorov N.A. Symbioses of plants and microorganisms: molecular genetics of the future agricultural systems (Simbiozy rastenij i mikroorganizmov: molekulyarnaya genetika agrosistem budushchego). St. Petersburg: St. Petersburg University Press; 2009. [In Russian] (Тихонович И.А., Проворов Н.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета; 2009).

Tikhonovich I.A. Masters Training Program "Molecular Biology and Agrobiotechnology of Plants" at Saint Petersburg State University (Programma podgotovki magistrov «Molekulyarnaya biologiya i agrobiotekhnologiya rasteniy» v Sankt-Peterburgskom gosudarstvennom universitete). In: *Materials of All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*

*“Modern Trends in the Scientific and Personnel Support of the Agro-Industrial Complex”*; 2019 November 28-29; *Veliky Novgorod, Russia*; Veliky Novgorod; 2019. [In Russian] (Тихонович И.А. Программа подготовки магистров «Молекулярная биология и агrobiотехнология растений» в Санкт-Петербургском государственном университете. В кн.: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные тенденции в научном и кадровом обеспечении АПК»; 28-29 ноября 2019 г.; Великий Новгород, Россия*; Великий Новгород; 2019).

Shishova M.F., Tankelyun O.V., Emelyanov V.V., Polevoy V.V. Reception and transduction of signals in plants (Recepciya i transdukcija signalov u rastenij). St. Petersburg: St. Petersburg University Press; 2008. [In Russian] (Шишова М.Ф., Танкелюн О.В., Емельянов В.В., Полевой В.В. Рецепция и трансдукция сигналов у растений. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского университета; 2008).

## АВТОРЫ СТАТЬИ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И АГРОБИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ» В СПБГУ

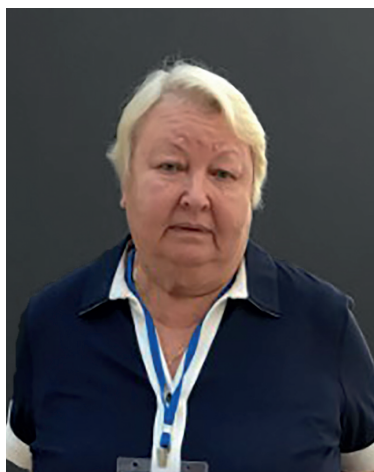


**ИГОРЬ АНАТОЛЬЕВИЧ  
ТИХОНОВИЧ**

**Ученая степень:**  
Доктор биологических наук

**Ученое звание:**  
Профессор,  
Академик РАН

**Должность:**  
Профессор, декан  
биологического факультета



**ЛЮДМИЛА АЛЕКСЕЕВНА  
ЛУТОВА**

**Ученая степень:**  
Доктор биологических наук

**Ученое звание:**  
Профессор,  
почетный работник  
высшего образования России

**Должность:**  
Профессор, заведующая лабораторией генной и клеточной инженерии растений



**ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА  
МАТВЕЕВА**

**Ученая степень:**  
Доктор биологических наук

**Должность:**  
Доцент