

В научную школу со школьной скамьи: мероприятия и проекты в сфере изучения и использования генетических ресурсов растений

Ю. В. Ухатова, А. А. Леншин, О. А. Чернышева, Е. К. Хлесткина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Анатольевич Леншин, a.lenshin@vir.nw.ru

Благодаря Николаю Ивановичу Вавилову и вековому труду нескольких поколений ученых ВИР наша страна выступает важнейшим хранителем мировых генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, сбор которых (по оригинальности и уникальности образцов и генетическому разнообразию коллекций) не смог быть повторен ни одной страной мира. Пополнение, сохранение, изучение и использование Вавиловской коллекции обеспечивает уникальный междисциплинарный коллектив исследователей – ботаников, генетиков, биохимиков, физиологов, биоинформатиков, селекционеров, объединенных единой исследовательской программой. Этот коллектив представляет собой научную школу ВИР. Создание для нее кадрового резерва в первую очередь реализуется за счет аспирантуры ВИР. Одновременно институт, будучи заинтересованным в притоке молодых талантливых кадров, активно развивает свою работу на всех образовательных уровнях от школьной скамьи до вузов и научных центров, реализуя различные образовательные проекты, программы и треки, в том числе с образовательными и промышленными партнерами, выполняя тем самым не только образовательную функцию, но и профориентационную и популяризаторскую работу. Цель – сформировать у обучающихся всей страны единые профессиональные и карьерные треки в сфере работы с генетическими ресурсами растений, начиная уже со школьной скамьи. Ежегодно от 150 до 500 и более школьников и их родителей вовлекаются в знакомство с генетическими ресурсами культурных растений и их диких родичей, в том числе в рамках программы развития Национального центра генетических ресурсов растений, образованного на базе ВИР Указом Президента Российской Федерации № 44 от 08.02.2022 г.

Ключевые слова: генетические ресурсы растений, генетические технологии, дополнительное образование, подготовка кадров, гражданская наука, профессиональная ориентация

Благодарности: публикация подготовлена в рамках реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 26 февраля 2025 г. № 075-02-2025-1584.

Для цитирования: Ухатова Ю.В., Леншин А.А., Чернышева О.А., Хлесткина Е.К. В научную школу со школьной скамьи: мероприятия и проекты в сфере изучения и использования генетических ресурсов растений. *Бюллетень ВИР*. 2025;(247):66-78.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Ухатова Ю.В., Леншин А.А., Чернышева О.А., Хлесткина Е.К., 2025

Brief communication

Into a scientific school straight from the school bench: events and projects in the field of studying and using plant genetic resources

Yulia V. Ukhatova, Aleksandr A. Lenshin, Oksana A. Chernysheva, Elena K. Khlestkina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Aleksandr A. Lenshin, a.lenshin@vir.nw.ru

Thanks to Nikolay Vavilov and the centuries-long efforts of several generations of scientists at VIR, Russia has become one of the world's leading custodians of the genetic resources of cultivated plants and their wild relatives, the collection of which (in terms of originality and uniqueness of its accessions, and the genetic diversity of its holdings) could not have been replicated by any other country. The replenishment, conservation, studying, and utilization of the Vavilov Collection are ensured by a unique interdisciplinary team of researchers – botanists, geneticists, biochemists, physiologists, bioinformaticians, and breeders – united by a single research program. This team represents VIR's scientific school. The reserve of personnel for this work is primarily supplied through VIR's postgraduate studies. At the same time, the Institute, being interested in attracting young staff members, actively develops its partnership with educational centers at all levels – from schools to universities and scientific centers – implementing various educational projects, programs, and tracks, including those with industrial collaborators, thereby performing not only an educational function but also career guidance and popularization mission. The goal is to develop nationwide integrated professional and career tracks in the field of plant genetic resources among learners across the country, starting as early as the school bench. Each year, from 150 to 500 and more schoolchildren and their parents are involved in familiarization with the genetic resources of cultivated plants and their wild relatives, including the framework of the Development Program for the National Center for Plant Genetic Resources, established on VIR's basis by Presidential Decree No. 44 of February 8, 2022.

Keywords: plant genetic resources, genetic technologies, supplementary education, personnel training, citizen science, career guidance

Acknowledgments: the publication was prepared as part of the implementation of the Development Program for the National Center for Plant Genetic Resources under the agreement with the Ministry of Science and Higher Education of Russia dated February 26, 2025, No. 075-02-2025-1584.

For citation: Ukhatova Yu.V., Lenshin A.A., Chernysheva O.A., Khlestkina E.K. Into a scientific school straight from the school bench: events and projects in the field of studying and using plant genetic resources. *Bulletin of VIR*. 2025;(247):66-78. (In Russ.).

Financial transparency. the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer.

© Ukhatova Yu.V., Lenshin A.A., Chernysheva O.A., Khlestkina E.K., 2025

Введение

Благодаря Николаю Ивановичу Вавилову и вековому труду нескольких поколений ученых ВИР наша страна выступает важнейшим хранителем мировых генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей, сбор которых (по оригинальности и уникальности образцов и генетическому разнообразию коллекций) не смог быть повторен ни одной страной мира. Пополнение, сохранение, изучение и использование Вавиловской коллекции обеспечивает уникальный междисциплинарный коллектив исследователей – ботаников, генетиков, биохимиков, физиологов, биоинформатиков, селекционеров, объединенных единой исследовательской программой ВИР, ведущей научной организации мирового уровня. Этот коллектив представляет собой научную школу ВИР. Ее развитие, создание для нее кадрового резерва – актуальная задача. Для ее решения в первую очередь успешно функционирует аспирантура ВИР. На данный момент в ней обучается уже больше 100 человек по научным специальностям «1.5.7 Генетика» и «4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений». В рамках Национального центра генетических ресурсов растений (Directive of the Government..., 2023) ВИР разработал и подготовил к реализации образовательную программу подготовки научно-педагогических кадров по очной форме обучения по научной специальности (уровень подготовки кадров высшей квалификации) «1.5. Биологические науки, научная специальность 1.5.20 Биологические ресурсы». Аспиранты проводят научно-исследовательские работы в рамках основных научных направлений института. Многие из них становятся младшими научными сотрудниками молодежных лабораторий, созданных в рамках национального проекта «Наука и университеты» (Loskutov, 2025). Отметим, что проведение научных исследований в аспирантуре и в рамках молодежных лабораторий привлекает выпускников многих вузов России из разных регионов, в том числе и из регионов, где расположены филиалы ВИР.

В рамках национального проекта «Наука и универ-

ситеты» в ВИР начиная с 2019 г. создано 5 молодежных лабораторий: в 2019 г. – лаборатория постгеномных исследований (тема НИР «Выявление новых генетических маркеров селекционно значимых свойств и новых аллельных вариантов хозяйственно ценных генов в генофонде культурных растений и их диких родичей при помощи геномных и постгеномных технологий») и лаборатория молекулярной селекции и ДНК-паспортизации (тема НИР «Использование комплекса современных методов ДНК-генотипирования и молекулярного скрининга для изучения генетических ресурсов культурных растений, их диких родичей и форм собственной селекции»); в 2022 г. – лаборатория генетики, селекции, биотехнологии ягодных и декоративных культур (тема НИР «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур») и лаборатория селекции и клеточных технологий (тема НИР «Клеточные технологии для расширения селекционного потенциала культур овощного направления использования»); в 2024 г. – лаборатория мониторинга биоресурсов и археоботаники (тема НИР «Исследование растительных биоресурсов в пространственном и временном аспекте с применением современных цифровых и генетических технологий») (Loskutov, 2025).

Молодые исследователи, обучающиеся в аспирантуре ВИР, составляют «ядро» молодежных лабораторий, к моменту защиты кандидатских диссертаций становясь под руководством опытных наставников самостоятельными учеными, способными развивать отдельные научные направления в рамках государственного задания ВИР и внебюджетных проектов, а на их место приходят новые аспиранты. Выполняя свою диссертационную работу и включаясь в реализацию научных тематик молодежных лабораторий, аспиранты активно участвуют и в конкурсных научных проектах. Некоторые при этом реализуют свой потенциал в наставнической деятельности (см. пример на рис. 1), что способствует привлечению в ВИР будущих поколений исследователей.

	Должность	Диссертация	Участие в проектах	Наставничество	Основные публикации
1-й год	М.н.с.	Поступление в аспирантуру	1-я экспедиция	курирование 1 студ.	2 WoS
2-й год	М.н.с.	Аспирантура	участие в 2-х проектах	8 шк., 1 студ.	1 WoS
3-й год	М.н.с.	Аспирантура	участие в 2-х проектах	15 шк., 20 студ.	-
4-й год	М.н.с.	Аспирантура	участие в 3-х проектах	-	1 WoS + 1 Scopus + соавтор уч.пособия
5-й год	Н.с.	Предзащита	участие в 3-х проектах	10 студ.	3 Scopus + соавтор уч.пособия
6-й год	Зав.лаб.	Защита	2-я экспедиция, 2 проекта	9 сотр.	1 BAK + 1 Scopus

Рис. 1. Трек молодого ученого в ВИР (пример)

Fig. 1. A young scientist's track at VIR (an example)

Институт, будучи заинтересованным в притоке молодых талантливых кадров, активно развивает свою работу на всех образовательных уровнях: от школьной скамьи до вузов и научных центров, реализуя различные образовательные проекты, программы и треки (таблица), в том числе с образовательными и промышленными партнерами, выполняя тем самым не только образовательную функцию, но и профориентационную

и популяризаторскую работу. Данный системный подход, получивший название «В научную школу со школьной скамьи» (рис. 2), реализуется на протяжении последних 7 лет и охватывает широкий круг участников – от школ до субъектов научной и научно-инновационной деятельности (включая как государственные, так и негосударственные организации).

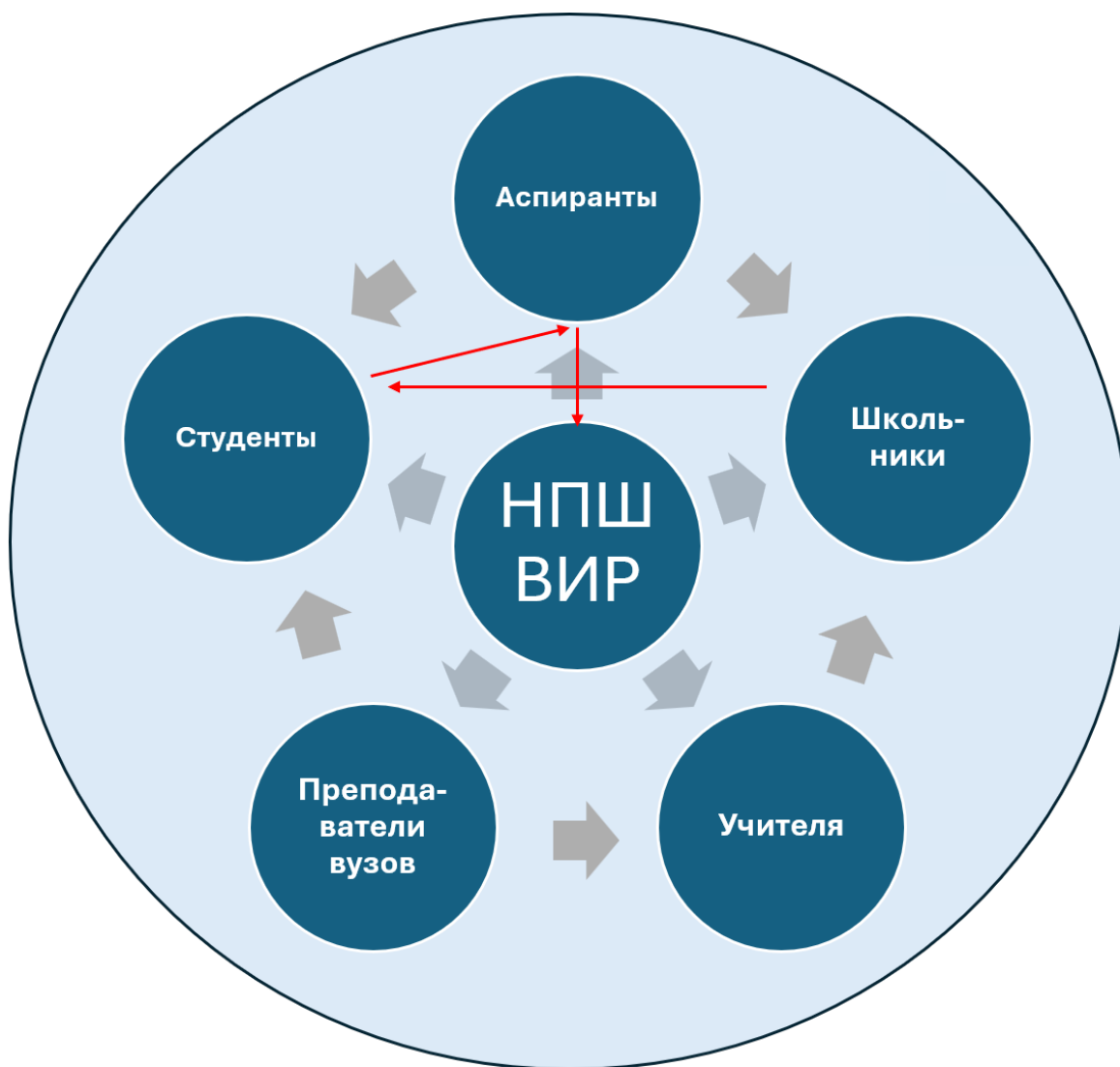


Рис. 2. Схематическое изображение взаимодействия в рамках подхода «В научную школу со школьной скамьи», реализуемого в ВИР. Широкими серыми стрелками обозначено направление знаний и навыков в ходе образовательных и просветительских программ, красными стрелками – направление притока кадров. НПШ ВИР – научная (научно-педагогическая) школа ВИР

Fig. 2. Schematic interactions within the approach “Into a scientific school straight from the school bench” implemented by VIR. The broad gray arrows show the directions of knowledge and skills in the course of educational and awareness-raising programs, while the red ones show the trends of personnel inflow. НПШ ВИР is the scientific (academic) school of VIR

Таблица. Мероприятия и проекты, проведенные ВИР с 2023 г. для обучающихся и педагогов различных образовательных учреждений страны

Table. Events and programs implemented by VIR since 2023 for learners and teachers from various educational centers of Russia

Обучающиеся	Образовательный продукт (трек / проект / программа)	Партнерская организация или филиал	Регион, период проведения	Информация об образовательном продукте
Школьники	Магия селекции	Тамбовская областная библиотека им. А. С. Пушкина, Мичуринский государственный аграрный университет	Тамбовская область, ежегодно с 2019 г.	Формирование у школьников интереса к познавательно-исследовательской деятельности, знакомство с генетическим разнообразием культурных растений и их диких родичей, получение практических навыков агротехники культурных растений.
	Вавиловский огород	Совместно с филиалами ВИР, учебными учреждениями среднего школьного образования, центрами детского творчества, заповедниками и музеями	Более 25 регионов РФ: Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Мурманская, Архангельская*, Свердловская, Тверская области, Республика Адыгея, Краснодарский край, Республика Саха (Якутия), Республика Удмуртия, Чеченская Республика, Республика Северная Осетия - Алания, Магаданская область, Камчатский край и др., ежегодно с 2019 г.	Региональные системы демонстрационных площадок в регионах присутствия ВИР, а также на площадках партнеров по всей территории Российской Федерации, на которых демонстрируются генетические ресурсы растений коллекции ВИР, проводятся школьные научные исследования в рамках школьной проектной деятельности, в том числе по междисциплинарным исследованиям
	Вавиловские натуралисты	Дворец детского творчества Центрального района Санкт-Петербурга «Преображенский»	Северо-Запад России, ежегодно с 2024 г.	Формирование у детей интереса к познавательно-исследовательской деятельности в ходе выращивания культурных растений, наблюдений и творчества.
	Образовательные проекты и мастер-классы по направлению «Агропромышленные и биотехнологии»	Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ВИР (СахНИИСХ – филиал ВИР)	Сахалин, ежегодно	Формирование у школьников интереса к познавательно-исследовательской деятельности, знакомство с генетическим разнообразием культурных растений и их диких родичей.
	Дополнительная образовательная программа «Агрогенетика»	Академия талантов	Санкт-Петербург, 2022–2023 гг.	Программа 288 ак. ч., направленная на знакомство обучающихся с генетическим разнообразием культурных растений и их диких родичей, а также с современными молекулярно-генетическими и биотехнологическими методами работы с растениями
	Профильные смены по направлению «Агропромышленные и биотехнологии»	Академия талантов	Санкт-Петербург, ежегодно с 2019 г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.
	Профильные смены направления «Агробiotехнологии»	Академия талантов	Санкт-Петербург, ежегодно с 2019 г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.
	Профильные смены естественно-научной направленности	Компания «Иннопрактика»	Воронеж, Москва, 2024 г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.

Таблица. Продолжение

Обучающиеся	Образовательный продукт (трек / проект / программа)	Партнерская организация или филиал	Регион, период проведения	Информация об образовательном продукте
Школьники	Образовательные проекты по направлению «Агропромышленные и биотехнологии» Всероссийской научно-технологической программы «Большие вызовы» (образовательный центр «Сириус»)	Образовательный центр «Сириус», Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», ежегодно с 2019 г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.
	100-летием юбилее легендарного МДЦ «Артек»	Компания «РУСИД», Компания «Иннопрактика»	Республика Крым, 2024 г.	Мастер-классы по генетике растений, растениеводству, интерактивные лекции, практические молекулярно-генетические кейсы по биотехнологии и селекции растений
	Фестиваль 50-летие Нового Уренгоя	Правительство Ямало-Ненецкого автономного округа, ГАУ ДПО ЯНАО «Региональный институт развития образования»	Новый Уренгой, 2025 г.	Мастер-классы по генетике растений, растениеводству, биотехнологии растений и селекции растений
	Агрофорум «От науки до практики»	Федеральная сеть научно-учебных лабораторий «Агрокуб» (подразделение им. Г.Д. Карпеченко)	г. Вельск, Архангельская область, ежегодно с 2022 г.	Мастер-классы, лекции, по генетике, агробиотехнологии, биохимии для преподавателей и обучающихся
	Профильные интенсивные образовательные программы	Образовательный центр «Взлёт» Областной гимназии им. Е. М. Примакова	Московская область, ежегодно, с 2023 г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.
Студенты	Магистерская программа «Генетика и биотехнология растений»	Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», ежегодно с 2022 г.	Подготовка востребованных специалистов в сфере современной генетики и биотехнологии растений, способных в том числе эффективно применять свои знания в селекционной практике в соответствии с актуальными трендами развития реального сектора экономики и требованиями Доктрины продовольственной безопасности России
	Магистерская программа «Генетика растений и агробиотехнология»	Адыгейский государственный университет	Республика Адыгея, 2022 – 2024 гг.	Подготовка высококвалифицированных специалистов в области генетики растений, владеющих современными фундаментальными знаниями и практическими навыками.
	Коммерческая магистерская программа «Генетика и агробиотехнология»	Адыгейский государственный университет, ООО «Прогресс Агро»	Республика Адыгея, 2023–2025 гг.	Подготовка высококвалифицированных специалистов в области генетики растений, владеющих современными фундаментальными знаниями и практическими навыками, с учетом потребностей реального промышленного сектора в области АПК.
	Программа повышения квалификации «Феномика»	Адыгейский государственный университет	Республика Адыгея, ежегодно с 2022 г.	Освоение практических методов и теоретических знаний о фенотипическом разнообразии, практической значимости изучаемых параметров для селекции признаков устойчивых к меняющимся факторам среды, современного сельского хозяйства и экологии.

Таблица. Продолжение

Обучающиеся	Образовательный продукт (трек / проект / программа)	Партнерская организация или филиал	Регион, период проведения	Информация об образовательном продукте
Студенты	Профильные и образовательные смены программы студенческих «Больших вызовов»	Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», ежегодно с 2024г.	Освоение молекулярно-генетических, биотехнологических методов, навыков подготовки научно-исследовательского проекта с нуля, получение навыков командной исследовательской работы, получения, обработки и презентации материала. Работа в рамках конкретной исследовательской задачи.
	Дополнительная профессиональная программа «Генетическое разнообразие – основа доместикации и селекции растений	Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», регулярно с 2021г.	Формирование представлений о стратегиях сохранения генетических ресурсов растений и эффективному их использованию в современной селекции растений; об основных генетических системах, контролирующих хозяйственно ценные и количественные признаки у ключевых сельскохозяйственных культур; об эволюции новых видов, а также о современных генетических технологиях и методах, используемых для изучения и расширения генетического разнообразия растений.
	Дополнительная профессиональная программа «Инженерия в биологии растений»	Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», регулярно с 2021 г.	Формирование понимания значимости биотехнологических подходов для сохранения и расширения генетического разнообразия растений, знакомство и обучение современным методам геномной инженерии и геномного редактирования растений.
	Вавиловская школа молодых ученых	Кубанская опытная станция – филиал ВИР	Краснодарский край, регулярно с 2019 г.	Получение теоретических и практических навыков работы с генетическими ресурсами растений; в генетике и селекции растений.
	Магистерская программа «Биоинформатика в агробиотехнологиях»	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»	Санкт-Петербург – Москва, с 2025 г.	Подготовка высококвалифицированных специалистов в области биоинформатики, генетики растений, владеющих современными фундаментальными знаниями и практическими навыками.
Учителя и преподаватели вузов	Дополнительная профессиональная программа для преподавателей аграрных вузов «Генетика и селекция в растениеводстве»	Компания «Иннопрактика», Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», Санкт-Петербург, 2023 г.	Повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации и получение новых компетенций, необходимых для разработки и реализации современных подходов к профессиональному образованию
	Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации для учителей естественно-научной направленности	Образовательный центр «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», ежегодно с 2022 г.	Получение теоретических и практических навыков работы с современными генетическими технологиями, агробиотехнологиями и формирование представления о роли разнообразия генетических ресурсов растений в генетике и селекции растений.
	Дополнительная профессиональная программа «Биотехнология и генетика растений для здоровья и долголетия» для педагогов естественно-научного направления	ГАУ ДПО ЯНАО «Региональный институт развития образования»	Санкт-Петербург – Ямало-Ненецкий автономный округ, 2025 г.	Формирование представления о роли биотехнологических методов, молекулярно-генетических методов при решении сложных исследовательских задач направленных на реализацию национальной программы по сохранению здоровья и долголетия

Таблица. Продолжение

Обучающиеся	Образовательный продукт (трек / проект / программа)	Партнерская организация или филиал	Регион, период проведения	Информация об образовательном продукте
Учителя и преподаватели вузов	Дополнительная профессиональная программа «Генетика и биотехнология для практики и проектной работы» для педагогов естественно-научного направления	ГАУ ДПО ЯНАО «Региональный институт развития образования»	Санкт-Петербург – Ямало-Ненецкий автономный округ, с 2025 г.	Освоение теоретического материала и формирование представления о роли разнообразия генетических ресурсов растений; получение практических навыков работы с современными молекулярно-генетическими технологиями в селекции растений.
	Форумы учителей естественно-научной направленности	Компания «Иннопрактика»	Воронеж, Москва, Калуга, 2024 г.	Получение практических навыков проведения научных исследований и реализации школьной проектной деятельности, формирование представления о роли разнообразия генетических ресурсов растений;
	Форум иностранных выпускников советских и российских вузов – представителей системы образования и здравоохранения стран Африки	Компания «Иннопрактика»	г. Дар-эс-Салам, 2025 г.	Получение практических навыков проведения научных исследований в системе довузовской подготовки
	Съезд учителей биологии	Образовательный фонд «Талант и успех», Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ), Научно-технологический университет «Сириус»	Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», 2021, 2024 гг.	Обмен опытом, обсуждение всех аспектов преподавания биологии в школе и повышение квалификации учителей биологии
Гражданская наука	Плоды науки	Русское географическое общество (РГО), Российское движение школьников (РДШ); Ассоциация коммуникаторов в сфере образования и науки (АКСОН); Ассоциация «Добро. рф»	Все регионы страны, ежегодно с 2020 г.	Регистрация фенологических наблюдений ключевых плодовых и ягодных культур России, выявление староместных сортов, представление результатов на научных и научно-практических конференциях

Примечание: * – включая Соловецкий архипелаг

Note: * – including the Solovetsky Islands

Для активации появления заинтересованных и мотивированных студентов (бакалавриата, магистратуры, специалитета) ВИР не только принимает их на учебную, производственную и научно-исследовательскую практику. Институт совместно с вузами разрабатывает образовательные программы для подготовки магистрантов в области генетики и биотехнологии растений: так, с 2022 г. реализуется образовательная программа магистратуры «Генетика и биотехнология растений» в АНОО ВО «Университет «Сириус»; на базе Адыгейского государственного университета (далее – АГУ) реализована совместная с ВИР программа магистратуры «Генетика растений и агробиотехнология»; также в 2025 г. дипломы магистров АГУ получили учащиеся одной из первых в стране коммерческих магистерских программ, которая с 2023 г. реализована по заказу компании ООО «Прогресс Агро»; с 2025 на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследователь-

ский университет «Высшая школа экономики» стартовала магистерская программ «Биоинформатика в агробиотехнологиях». Все вышеперечисленные программы реализуются под научным руководством директора ВИР члена-корреспондента РАН Е. К. Хлесткиной.

С 2023 г. ВИР проводит для молодых ученых из различных организаций науки и высшего образования дополнительные образовательные программы (программы повышения квалификации) в области генетики растений, молекулярной генетики, биотехнологии, селекции, агробиотехнологий (см. прил. рис. 1/ see suppl. fig. 1), в том числе в рамках реализации программы Национального центра генетических ресурсов растений. Всего с 2023 г. проведено 14 дополнительных образовательных программ (3 программы из них – в рамках работы Национального центра генетических ресурсов растений), общее количество повысивших квалификацию обучающихся за

этот период составило более 250 человек (в рамках программ Наццентра – 80 человек).

Одним из важнейших направлений популяризации профессий биолога, генетика, растениевода, селекционера является, несомненно, работа с педагогами основного и дополнительного школьного образования. Сотрудники ВИР активно включены в качестве разработчиков и преподавателей в программы повышения квалификации для учителей естественно-научной направленности, проводимые как на базе Образовательного центра «Сириус», так и в ВИР в Санкт-Петербурге и регионах. В качестве организаторов и/или заказчиков таких программ выступают компания «Иннопрактика», ОЦ «Сириус», ГБНОУ «Академия талантов» и другие. Широкая филиальная сеть института предполагает подобную работу со всеми регионами не только присутствия ВИР, но и в целом по стране.

В 2025 г. работа с учителями и педагогами дополнительного образования активизировалась, хотя уже начиная с 2021 г. сотрудники ВИР ежегодно активно включались в качестве преподавателей на курсах повышения квалификации для педагогов в сфере генетических технологий и прикладной биологии. Были проведены на базе ВИР курсы повышения квалификации для учителей Ямало-Ненецкого округа, продуктивно прошли с участием экспертов ВИР проект «Естественно-научная вертикаль», который был инициирован Департаментом образования и науки города Москвы в 2022 г. (26–27 августа, Москва), Форум иностранных выпускников советских и российских вузов – представителей системы образования и здравоохранения стран Африки (07–08 октября 2025 г., г. Дар-эс-Салам), Форум для преподавателей биологии школ Воронежской области (5–6 ноября, Воронеж). Учителя и педагоги, повысившие свою квалификацию под эгидой ВИР, остаются в контакте с наставниками из института и начинают формировать совместные научно-исследовательские проекты (см. прил. рис. 2/ see suppl. fig. 2).

Другими словами, для профориентации и привлечения притока молодых ученых и аспирантов сотрудниками ВИР ведется большая работа по популяризации генетических ресурсов растений и проведению мастер-классов и познавательных лекций среди преподавателей, учителей, студентов, школьников и даже дошкольников – как в регионах присутствия ВИР, так и в других. Приведем несколько примеров.

ВИР в Санкт-Петербурге с 2021 г. ведет активное сотрудничество с ГБНОУ «Академия талантов», созданного по модели ОЦ «Сириус». Молодые ученые института выступают наставниками в профильных сменах по направлению «Больших вызовов» «Агропромышленные и биотехнологии» (см. прил. рис. 3/ see suppl. fig. 3), создавая для обучения ребят 9–11-х классов на основе своих актуальных научных задач небольшие проекты в сфере агрогенетики, агроботаники, агробиотехнологии, которые способны освоить школьники за время 6-дневной интенсивной работы в лаборатории. Смены проходят как на базе ЗЦДЮТ «Зеркальный», Университета «ИТМО», так и непосредственно в самом институте. Некоторые сотрудники выполняют также экспертную деятельность на реги-

ональных треках Всероссийской научно-технологической программы «Большие вызовы».

С 2022 г. в рамках договора о сотрудничестве с Архангельской областью проводится Агрофорум «От науки до практики», одним из аспектов которого является работа по подготовке кадров. В рамках форума ученые и аспиранты ВИР проводят научно-познавательные лекции для школьников Архангельской области, а также научные мастер-классы по генетике, агробиотехнологии, биохимии для преподавателей и обучающихся подразделения «Агрокуба» им. Г.Д. Карпеченко (см. прил. рис. 4/ see suppl. fig. 4), а также гостей форума. За период с 2022 г. на базе «Агрокуба» в г. Вельске было проведено 8 мастер-классов по биотехнологии, генетике, биохимии растений. Ребята смогли познакомиться с современными технологиями, молекулярно-генетическими методами и подходами в работе с культурными растениями и их дикими родичами, а для их наставников – учителей – это своего рода курсы повышения квалификации на местах.

Для учителей и школьников Ямало-Ненецкого автономного округа после подписания в 2025 г. договора о сотрудничестве между данным регионом и ВИР также появилась возможность погружаться в агробиотехнологии при поддержке ведущих ученых ВИР. Договор направлен на взаимодействие и сотрудничество для развития образования в области биологии. Это взаимодействие открывает новые возможности для ямальских учителей и их учеников. Первым шагом стали проведенные учеными ВИР курсы повышения квалификации для учителей естественно-научной направленности «Биотехнология и генетика растений для здоровья и долголетия» и «Генетика и биотехнология для практики и проектной работы» (см. прил. рис. 5/ see suppl. fig. 5). В результате педагогические работники получили теоретические знания о современных трендах развития генетики и практические навыки, прежде всего в биотехнологии и генетике растений, во время семинарских занятий дискуссионно обсудили приоритетные научно-технологические направления в практике и проектной работе со школьниками. Впереди – реализация программ дополнительного образования для учащихся агротехнологических классов, а также проведение тематических профильных смен на базе «Кванториума» и организация профориентационных программ и образовательных поездок для школьников в Федеральном исследовательском центре Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Свои первые методические разработки, основанные на полученных во время обучения на программах знаниях и навыках, учителя Ямала обнародовали на Арктическом образовательном форуме в сентябре 2025 г. На форуме один из представленных проектов, посвященный изучению морошки – традиционной северной ягоды – получил свое развитие в качестве межрегионального, поскольку давние рабочие отношения ВИР и ГАНУ МО «ЦО «Лапландия» в г. Мурманске связаны именно с этой ягодой, а сотрудничество в сфере изучения генетических ресурсов растений между регионами позволит всем участникам процесса более ответ-

ственно подходить к выбору методов и постановке задач исследования (см. прил. рис. 5/ see suppl. fig. 5).

Молодые ученые ВИР активно включены в просветительскую работу со школьниками. Так, на 100-летнем юбилее легендарного МДЦ «Артек» аспиранты ВИР вместе с бизнес-партнерами (отечественной селекционной компанией «РУСИД» и компанией «Иннопрактика») представили мастер-классы по генетике, биохимии, биотехнологии и растениеводству. Все мастер-классы направлены на популяризацию научных знаний у детей и развитие интереса к профессиям, без которых невозможно будущее – агрономы, биологи, селекционеры и генетики. 15–17 июня площадку посетили больше 100 человек – участников смен в Артеке, сотрудников детского центра с детьми и жителей Крыма (см. прил. рис. 6/ see suppl. fig. 6).

На фестивале к 50-летию Нового Уренгоя молодые ученые ВИР также провели серию мастер-классов по генетике растений, растениеводству, биотехнологии растений и селекции растений. Участники всех возрастов познакомились с разнообразием культурных растений, современными научными методами и подходами к сохранению, изучению и использованию генетических ресурсов растений (см. прил. рис. 7/ see suppl. fig. 7).

Традиционно молодые ученые ВИР являются наставниками в финальной части Всероссийской научно-технологической программы «Большие вызовы» в образовательном центре «Сириус». В 2025 г. совместно с компанией «РУСИД» организовали и реализовали проект «Маленькое солнышко» (см. прил. рис. 8/ see suppl. fig. 8). Участники исследовали наличие генов устойчивости к ржавчине и заразили у карликовой линии подсолнечника *Helianthus annuus* L. из коллекции ВИР. За время смены обучающиеся получили практические молекулярно-генетические навыки, навыки проведения научного исследования, работы в команде, получения и обработки научно-исследовательского материала, презентации результатов работы, что поможет им в дальнейшем реализовывать свои амбициозные планы в научной деятельности.

Проект «Больших вызовов» 2025 г. стал логичным продолжением проекта 2024 г., в котором участники изучали другие маркеры генов устойчивости подсолнечника. Системность такой совместной работы с партнерами состоит и в том, что по итогам летней смены был проведен образовательный трек с вовлечением сотрудников «Академии талантов» – центра работы с одаренными и талантливыми детьми, созданного в Санкт-Петербурге по модели «Сириуса». Осенний модуль под названием «Вавиловская смена» объединил финалистов «Больших вызовов» из регионов, а также петербургских школьников, вовлеченных в биологию: учащихся «Академии талантов», домов детского творчества («Преображенский», «Фрунзенский»), школ Санкт-Петербурга (СОШ № 171, СОШ № 193). Таким образом, сотрудники ВИР

помогают и в организации постсопровождения детей, включенных в работу ОЦ «Сириус».

Активно последние годы развивается флагманский проект Национального центра генетических ресурсов растений – «Вавиловский огород». Свыше 150 участников из разных регионов нашей страны вовлекает проект ежегодно (см. прил. рис. 9/ see suppl. fig. 9). Центральной площадкой был и остается Вавиловский огород в Пушкине (на территории НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»), высевать который традиционно помогают юннаты и юные любители биологии. Более 30 школьных Вавиловских огородов высевают ребята под руководством своих учителей в более 25 регионах России.

В проект гражданской науки, который совместно придумали ВИР и партнеры – Русское географическое общество (РГО), Российское движение школьников (РДШ) и Ассоциация коммуникаторов в сфере образования и науки (АКСОН), в качестве участников вовлекли школьников, студентов, родителей и наставников из разных регионов России. Проект был начат в 2020 г. с наблюдений за одной только яблоней¹, получил широкий отклик среди мотивированных школьников (591 наблюдение от 155 участников проекта из 48 регионов) и продолжен в 2021–2022 гг. с привлечением в качестве объектов наблюдения разнообразия плодовых (яблоня, груша, рябина) и ягодных культур (черная и красная смородина, малина, земляника). Всего за три года реализации проекта (2020–2022) в фенологическую базу РГО было внесено 3340 записей 670 участниками проекта (Tikhonova et al., 2023). В 2023–2025 гг. проект продолжился с использованием портала проекта «Окружающий мир». С 2024 г. ассортимент ягодных культур пополнился методикой наблюдения за фенологией жимолости. С 2025 г. проект стал частью портала «Добро.рф». Так ежегодно более 1000 ребят вносят свой вклад в развитие научного волонтерства, знакомятся с методиками научных наблюдений за генетическими ресурсами культурных растений и их диких родичей. Учеными ВИР (Tikhonova et al., 2023) на основе богатого научного опыта разработаны подробные методики наблюдения за древесными плодовыми и различными ягодными культурами, адаптированные для школьников (Fruits in line..., 2023; Fruits in line..., 2024a, b, c). Наблюдатели, которым интересны не только и не столько плоды и ягоды, могут познакомиться с «Методикой ведения фенологических наблюдений» (Vladimirov et al., 2023), где в разделе «Фенологические наблюдения за сельскохозяйственными культурами» можно узнать о секретах наблюдения за агробиоразнообразием. В 2025 г. 1966 волонтеров подали заявку на участие в проекте «Плоды науки»².

В Тамбовской области в ноябре 2025 г. стартует шестой сезон проекта «Магия селекции» (см. прил. рис. 10/ see suppl. fig. 10), который начинался с учеников одной школы, а сейчас в тесном сотрудничестве с Мичуринским аграрным университетом и Тамбовской област-

¹ <https://fenolog.rgo.ru/activity/yabloki-po-nauke-shpionim-za-yablonyami-s-fenosetyu-rgo>

² <https://dobro.ru/event/11161980>

ной библиотекой им. А.С. Пушкина позволил охватить уже все районы области.

ВИР проводит и конкурсы для учащихся школ, СПО и вузов. «Вавиловские натуралисты» ждут ребят в ноябре на подведение итогов второго сезона проекта, задуманного и реализованного совместно с ДДТ «Преображенский».

Для разговоров о важном – о развитии агротехнологических классов – сотрудники ВИР активно включились в работу по написанию учебно-методических пособий, одним из которых стал учебник для 10–11-х классов «Генетика, селекция и агробиология растений», который увидел свет в октябре 2025 г. в издательстве «Просвещение» (Khlestkina et al., 2026). В сентябре молодые ученые ВИР начали наставническую работу в рамках реализации программы дополнительного образования АНОО «Президентский Лицей «Сириус» и Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «АгроСмена», направленной на популяризацию профессий в сельском хозяйстве и связанных с ним высокотехнологичных отраслей промышленности. Программа представляет собой уникальный образовательный интенсив, сочетающий глубокое погружение в современные агротехнологии с развитием критического мышления и предпринимательских навыков.

В Санкт-Петербурге всегда рады любителям и знатокам биологии и генетических ресурсов растений – круглый год (по предварительной записи) проводятся экскурсии для школьников в мемориальный кабинет Н. И. Вавилова и некоторые научные подразделения института. Каждый год более 500 человек из числа школьников, учителей, представителей различных смежных профессий и просто неравнодушных жителей и гостей города узнают что-то новое о жизни и увлекательной работе вировцев (см. прил. рис. 11/ see suppl. fig. 11).

Заключение

Бережное сохранение и продолжение научных школ России, в том числе научной школы ВИР, – стратегическая задача государства. Соответственно, нынешние и будущие поколения сотрудников и аспирантов ВИР будут продолжать работу с подрастающим поколением из чувства долга по отношению к старшим коллегам и наверняка по велению души, зовущему к сохранению и развитию уникального научного опыта.

ВИР как носитель уникальной научной школы генетики, селекции и биологии растений служит связующим звеном между разными дисциплинами: ботаникой, генетикой, биохимией, физиологией, биоинформатикой и селекцией. Эта школа обеспечивает глубокую трансляцию знаний, методик и культуры исследования, которые передаются из поколения в поколение. Единый научный язык и общий подход к исследованию позволяют коллек-

тиву эффективно решать сложные задачи и формируют устойчивый научный потенциал страны.

Появление агроклассов и заинтересованности в агrobiотехнологическом направлении в образовании расширяет образовательную траекторию для школьников: они получают раннюю мотивацию к науке, знакомятся с аграрной отраслью и генетическими ресурсами, что увеличивает вероятность поступления в профильные вузы и дальнейшее участие в академических проектах. ВИР активно интегрирует школьную образовательную среду и проектную деятельность, содействуя школьникам в выборе академического пути и карьерной ориентации, тем самым создавая прочный мост между школой и вузами, затем — аспирантурой и научной деятельностью.

Важнейшей составляющей устойчивого развития является система наставничества: старшие специалисты передают знания и опыт младшим коллегам, аспирантам и студентам, вплоть до школьников в формате «матрешки». Такое наставничество формирует культуру сотрудничества, ускоряет профессиональное становление молодых исследователей и укрепляет научную школу как живой, развивающийся организм.

Региональная доступность образования и просветительских программ (рис. 3) имеет критическое значение: регионы должны получать и получают возможность участвовать в научной работе и образовательной инфраструктуре ВИР. Расширение региональных образовательных проектов, сетей сотрудничества с местными школами, вузами и агрокомпаниями обеспечивает более равномерное развитие науки по всей стране и уменьшает отток талантов в крупные города. Исторически ВИР привлекал молодых ученых из разных уголков страны; сегодня это направление сохраняется через региональные программы и дистанционные форматы взаимодействия.

Творческое переплетение поколений, проектов и дисциплин внутри естественно-научного направления превращает научно-образовательную работу в долгосрочное и непрерывное развитие, что обеспечивает устойчивое и активное развитие научной школы ВИР и отечественной науки в целом. Расширение единой карьерной траектории – от школьников до молодых ученых – поддерживает подготовку кадров высшей квалификации, укрепляет региональные образовательные программы и сотрудничество с индустриальными партнерами и государственными программами. Все это реализуется в духе мечты Николая Вавилова: сохранять и развивать уникальные знания ради процветания российской науки и страны.

Такое системное и долгосрочное развитие научной школы ВИР, поддерживаемое наставничеством, региональной вовлеченностью и образовательными инновациями (включая агроклассы), обеспечивает прочное будущее для России – надежную базу для исследований генетических ресурсов растений и для подготовки новых поколений ученых.



Рис. 3. Локализация сети подразделений ВИР и проводимых институтом образовательных и просветительских мероприятий

Fig. 3. Localization of the network of VIR's branches, and the educational and awareness-raising events organized by VIR

References/Литература

- Directive of the Government of the Russian Federation No. 2496-p dated September 16, 2023 "On approving the Development Program for the National Center for Plant Genetic Resources for 2023–2030 (Ob utverzhdenii Programmy razvitiya Natsionalnogo tsentra geneticheskikh resursov rasteniy na 2023–2030 gody)". *Official Internet Portal of the Legal Information*. 2023. [in Russian] (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16.09.2023 № 2496-р «Об утверждении Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений на 2023–2030 годы». *Официальный интернет-портал правовой информации*. 2023). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202309190026?ysclid=mau4c5d96m383812177> [дата обращения: 14.11.2025].
- Fruits in line with science 2.0 (Plody nauki 2.0). *Scientific Russia*. Moscow; 2023. [in Russian] (Плоды науки 2.0. *Научная Россия*: Москва; 2023). URL: <https://scientificrussia.ru/articles/plody-nauki-20> [дата публикации: 05.09.2023].
- Fruits in line with science. A guide to berries (Plody nauki. Instruksiya po yagodam). Moscow: Russian Geographical Society; 2024a. [in Russian] (Плоды науки. Инструкция по ягодам. Москва: Русское географическое общество; 2024a). URL: https://fenolog.rgo.ru/sites/default/files/upload/instrukciya_yagody_2024.pdf [дата обращения: 14.11.2025].
- Fruits in line with science. Instructions on honeysuckle growing (Plody nauki. Instruksiya po zhimolosti). Moscow: Russian Geographical Society; 2024b. [in Russian] (Плоды науки. Инструкция по жимолости. Москва: Русское географическое общество; 2024b). URL: https://fenolog.rgo.ru/sites/default/files/upload/instrukciya_zhimolost_2024.pdf [дата обращения: 14.11.2025].
- Fruits in line with science. Instructions on trees (apple and pear). (Plody nauki. Instruksiya po derevyam [yablonya, grusha]). Moscow: Russian Geographical Society; 2024c. [in Russian] (Плоды науки. Инструкция по деревьям (яблоня, груша). Москва: Русское географическое общество; 2024c). URL: https://fenolog.rgo.ru/sites/default/files/upload/instrukciya_po_derevyam_2024.pdf [дата обращения: 14.11.2025].
- Khlestkina E.K., Krylova E.A., Ukhatoeva Yu.V., Sedykh S.E., Lenshin A.A., Asaturova A.M., Khlestkin V.K., Afonnikov D.A., Kochetov A.V., Chukhina I.G. Plant genetics, breeding, and agrobiotechnology. Grades 10-11: A textbook for the agrotechnological profile

- (Genetika, selektsiya i agrobiotekhnologiya rasteniy. 10-11-ye klassy: uchebnoye posobiye dlya agrotekhnologicheskogo profilya). E.K. Khlestkina (ed.). Moscow: Prosveshchenie; [preprint] 2026. [in Russian] (Хлесткина Е.К., Крылова Е.А., Ухатова Ю.В., Седых С.Е., Леншин А.А., Асатурова А.М., Хлесткин В.К., Афонников Д.А., Кочетов А.В., Чухина И.Г. Генетика, селекция и агrobiотехнология растений. 10-11-е классы: учебное пособие для агroteхнологического профиля / под ред. Е.К. Хлесткиной. Москва: Просвещение; [в печати] 2026).
- Loskutov I.G. The history of the global collection of plant genetic resources in Russia. E.K. Khlestkina (ed.). 2nd ed. St. Petersburg: VIR; 2025. [in Russian] (Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России / под ред. Е.К. Хлесткиной. 2-е изд. Санкт-Петербург: ВИР; 2025).
- Tikhonova N.G., Ukhatova Yu.V., Zavarzin A.A., Vladimirov D.R., Yurmanov A.A. Fruits of the future: the results of the project 'Fruits in line with science'. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(2):245-250. [in Russian] (Тихонова Н.Г., Ухатова Ю.В., Заварзин А.А., Владимиров Д.Р., Юрманов А.А. Плоды будущего: результаты проекта «Плоды науки». *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(2):245-250). DOI: [10.30901/2227-8834-2023-2-245-250](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-2-245-250)
- Vladimirov D.R., Gladilin A.A., Gnedenko A.E., Glukhov A.I., Grudinskaya V.A., Zdravchev N.S., Lebedev P.A., Minin A.A., Mironenko I.V., Senator S.A., Simakova K.A., Tikhomirova A.V., Shaikina M.N., Shiplina L.Yu., Shiryayev A.G., Yurmanov A.A., Yantser O.V. Methodology for conducting phenological observations: In memory of the founder of Russian phenology Dmitry Nikiforovich Kaigorodov (1846–1924) (Metodika vedeniya fenologicheskikh nablyudeniy: Pamyati osnovopolozhnika russkoy fenologii Dmitriya Nikiforovicha Kaygorodova [1846–1924]). St. Petersburg: Alpina PRO; 2023. [in Russian] (Владимиров Д.Р., Гладилин А.А., Гнеденко А.Е., Глухов А.И., Грудинская В.А., Здравчев Н.С., Лебедев П.А., Минин А.А., Мироненко И.В., Сенатор С.А., Симакова К.А., Тихомирова А.В., Шайкина М.Н., Шипилина Л.Ю., Ширяев А.Г., Юрманов А.А., Янцер О.В. Методика ведения фенологических наблюдений: Памяти основоположника русской фенологии Дмитрия Никифоровича Кайгородова (1846–1924). Санкт-Петербург: Альпина ПРО; 2023).

Информация об авторах

Юлия Васильевна Ухатова, кандидат биологических наук, заместитель директора, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Александр Анатольевич Леншин, заведующий учебно-методическим кабинетом, и. о. зав. аспирантурой, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, a.lenshin@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5068-1807>

Оксана Александровна Чернышева, советник директора, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, o.chernysheva@vir.nw.ru

Елена Константиновна Хлесткина, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, director@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8470-8254>

Information about the authors

Yulia V. Ukhatova, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Aleksandr A. Lenshin, Head of the Educational and Methodological Office, Acting Head of the Postgraduate Studies Department, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, a.lenshin@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5068-1807>

Oksana A. Chernysheva, Advisor to the Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, o.chernysheva@vir.nw.ru

Elena K. Khlestkina, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg, 190000 Russia, director@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8470-8254>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.12.2025; одобрена после рецензирования 13.12.2025; принята к публикации 21.12.2025.

The article was submitted on 02.12.2025; approved after reviewing on 13.12.2025; accepted for publication on 21.12.2025.