



ОБ ИСТОРИИ УФИМСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ЭНДОФИТОЛОГОВ

Хайруллин Р.М.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук, Россия, 450054, Уфа, Проспект Октября 71,
E-mail: krm62@mail.ru

Резюме

В работе приведены краткая история появления термина эндофит и обсуждение этого определения, статистика отечественных публикаций с 2003 по 2022 гг. Впервые описана история возникновения уфимской научной школы эндофитологов, у истоков которой стоял профессор Магдан Янфаевич Менликиев. Приведены основные результаты исследований, проведенных в Башкирском НИИ сельского хозяйства и в Башкирском государственном аграрном университете, охватывающих интересы физиологов и биохимиков растений и животных, энтомологов, а также инженеров-механиков к эндофитным бактериям и препаратам на основе их клеток и спор.

Ключевые слова: эндофитные бактерии, уфимская научная школа эндофитологов

Цитирование: Хайруллин Р.М. Об истории уфимской научной школы эндофитологов // *Biomics*. 2023. Т.15(4). С.224-252. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-21

© Автор

SHORT HISTORY OF THE UFA SCIENTIFIC SCHOOL OF ENDOPHYTOLOGISTS

Khairullin R.M.

Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Russia, Ufa, 450054, 71 Pr. Oktyabrya, E-mail: krm62@mail.ru

Resume

The paper presents a brief history of the appearance of the term endophyte and discussion about these term, statistics of publications of Russian scientists from 2003 to 2022. For the first time described the history of the organization of the Ufa scientific school of endophytologists, which was founded by Professor Magdan Yanfaevitsh Menlikiev. The main results of research conducted at the Bashkir Research Institute of Agriculture and the Bashkir State Agrarian University and covering the interests of physiologists and biochemists of plants and animals, entomologists, as well as engineers to endophytic bacteria and preparations based on their cells and spores are presented.

Citation: Khairullin R.M. Short history of the Ufa scientific school of endophytologists. *Biomics*. 2023. Т.15(4). С. 224-252. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2023-21 (In Russian)

© The Author

Краткая история эндофитологии. Наука, как составная часть технического прогресса, движется по закону отрицания отрицания, или, условно, «по спирали». В этом движении можно выделить три этапа: 1) созерцание, или описание явлений; 2) анализ, или выявление причин этих явлений; 3) обозрение, или объединение отдельных фактов, объектов для воссоздания целостной картины с целью развития следующих исследований на более высоком методическом и теоретическом уровнях. Рассматривая в таком ракурсе изучение микроорганизмов-эндофитов как отдельное научное направление в микробиологии, приходим к выводу, что оно ступило на третий этап, формируя отдельную отрасль биологии (микроорганизмов и растений), обозначенную иностранными исследователями как «эндофитология» («endophytology») [Deckert, 2000], в которой соединились микология, бактериология, ботаника, физиология растений, экология, молекулярная генетика.

Одним из первых термин эндофитология мог употребить Декерт [Deckert, 2000], относя это определение к форме существования грибов, заселяющих ткани хвойных растений. Однако в этой же работе исследователей, изучающих эндофитные грибы, автор назвал «эндофитологами» (endophytologists), что подразумевает употребление указанного термина как части отрасли микологии. Эндофитологию, как отрасль микологии, изучающую грибы-эндофиты употребили Унтерзехер и Шниттлер [Unterseher, Schnittler, 2009], а к 2020 г. эндофитология указывалась уже многими исследователями как отрасль изучения эндофитных грибов и бактерий, например в работе Сайед с соавт. [Sayed et al., 2020].

Мы также примем этот термин, подразумевая под эндофитологией не только изучение микроорганизмов-эндофитов, но и их взаимоотношения с растениями, а специалистов в этой области - эндофитологами. Аналогично синтетической биологии, в которой «применяются методы и техники молекулярной биологии для формирования заданного поведения клеток на основе теоретически сконструированных регуляторных сетей с применением инженерных подходов» [Васильев и др. (Vasil'ev et al.), 2021], эндофитологию с позиции практического применения, в первую очередь в растениеводстве, можно рассматривать как отрасль, в которой используются методы микробиологии, молекулярной генетики, физиологии растений и экологии для формирования устойчивых агрофитоценозов на основе теоретических знаний об эндофитах. В то же время, с начала 2000-х гг. исследования самих эндофитов структурируются по

мнению некоторых авторов [Arnold, 2007] на такие направления, как геномика, протеомика, метаболомика и секретомика.

Терминология. Проведем краткий анализ самого термина «эндофит». Некоторые авторы, например, Экта с соавт. [Ekta et al., 2018] считают, что впервые этот термин для обозначения любых микроорганизмов, живущих внутри тканей растений, был предложен Де Бари в 1866 г. (Heinrich Anton de Bary). Согласно работе Хардоим с соавт. [Hardoim et al., 2015], первое документально подтвержденное описание таких организмов относится к работам немецкого ботаника Иоганна Генриха Фридриха Линка (Johann Heinrich Friedrich Link), выделившего в отдельную группу «частично» паразитические грибы, живущие на растениях, вопреки распространенному в то время мнению, что здоровые или нормально растущие растения стерильны и не содержат микроорганизмов. Этот исследователь в своей публикации 1809 г. назвал такие микроорганизмы эндофитами, если только не иметь ввиду отличие его определения в одной букве: энтофит («entophytae») вместо эндофит (endophyte) (цит. по Hardoim et al., 2015). Позже этот термин встречается в другой его публикации [Link, 1846], в которой он четко разделяет микроорганизмы на энтофитов и эпифитов. Впоследствии, этот термин «эволюционировал», преимущественно относясь к грибам [Hardoim et al., 2015].

Возможно, первым, кто термин эндофит отнес и к бактериям, был Бешам (Pierre Jacques Antoine Vêchamp, 1866; цит. по Hardoim et al., 2015), описывая так называемые «микрозимы» (microzymas) в растениях, имея в виду (любые?) микроорганизмы. Другие авторы [Compant et al., 2012] называют Галиппе (Marie Louis Victor Galippe) первым (1887 г.), сообщившим, что кроме грибов в тканях растений могут жить и бактерии. К этому времени (1888 г.) были известны и исследования Мартина Бейеринка (Martinus Willem Beijerinck), выделившего бактерии из клубеньков бобовых растений [Thornton, Gangulee, 1926]. Следует отметить, что сведения о нахождении бактерий внутри клубеньков растений (ольхи), были известны и опубликованы одновременно с Бешам и отечественным микробиологом М.С. Ворониным, по одним данным [Гельцер (Gel'cer), 1990] в 1866 г., по другим [Губин и др. (Gubin et al.), 2023] – в 1865 г.

Итак, на наш взгляд, к одной из первых работ, в которой микроорганизмы, встречающиеся внутри растений и в традиционном понимании не относящиеся к патогенам были названы энд(т)офитами, следует отнести труд Линка 1809 года.

Несмотря на более чем двухвековую историю изучения эндофитов и формирование отдельной отрасли (микро)биологии – эндофитологии, до сих пор термин «эндофит» многие исследователи трактуют по-своему. Большая часть дискуссий по этому вопросу связана с изучением эндофитных грибов.

Базовое определение заложено в самом слове «эндофит» и может просто обозначать местоположение организма: «эндо» означает «внутри», «фит» относится к растению. Таким образом, эндофит – это организм, живущий внутри растения [Wilson, 1995]. Так как внутри растительных тканей могут жить микроорганизмы с разным типом взаимоотношений с растением-хозяином, а именно: патогены, комменсалы, мутуалисты и даже некультивируемые микроорганизмы, возникает вопрос – какой тип взаимоотношений с растением свойственен эндофитам, если есть четкое определение, кто такой фитопатоген, а среди фитопатогенов есть микроорганизмы, бессимптомно живущие очень длительный период жизни внутри растительных тканей как, например, грибы, вызывающие головневые болезни злаков. Более того, некоторые авторы [Thomas, 2017] считают, что к эндофитным микроорганизмам клубеньковые бактерии и грибы везикулярно-арбускулярной микоризы не относятся даже несмотря на то, что они являются внутренними колонизаторами и выделяются из поверхностно стерилизованных тканей.

Согласно мнению Лаксмиприя с соавт. [Laxmipriya et al., 2013], наиболее часто употребляется термин, предложенный Петрини [Petrini, 1991], который к эндофитам относит все населяющие органы растений организмы, в какой-то момент своей жизни колонизирующие внутренние ткани хозяина, не причиняя ему видимого вреда. С прогрессом в области ДНК-диагностики микроорганизмов некоторые авторы [Bulgarelli et al., 2013], обсуждая выделение из растительных тканей некультивируемых форм бактерий, рассматривают эндофитов как набор микробных геномов, локализованных внутри органов растений («... microbial genomes located inside plant organs»).

Суммируя результаты поисков определения термина эндофит, можно прийти к выводу: практически все эндофитологи едины во мнении, что эндофиты прежде всего это микроорганизмы-мутуалисты, либо некультивируемые микроорганизмы, выделенные из поверхностно стерилизованных растительных тканей. Дискуссии же разворачиваются в отношении фитопатогенов, бессимптомно проводящих часть жизни внутри растений, или представителей видов фитопатогенных микроорганизмов, например *Cladosporium* sp. и

Alternaria sp. [Wilson, 1995], выделенных из внутренних тканей внешне здоровых растений. Как пишет цитируемый автор, строго говоря, такие грибы являются эндофитами, но их часто не считают «настоящими» эндофитами и «их классификация зависит от прихоти исследователя». Это вполне объяснимо, так как визуальная симптоматика болезней растений является результатом субъективного анализа. Поэтому Вилсон [Wilson, 1995] считает, что отнесение к эндофитам «бессимптомных» фитопатогенов или в период их бессимптомной жизни внутри растения «вполне приемлемо», так как «мы должны отдавать приоритет биологическому контексту ситуации». В этом можно согласиться с ним, говоря об эндофитном этапе жизни фитопатогенов внутри растений или отдельных эндофитных представителей (бессимптомных для растений штаммов, изолятов) микроорганизмов фитопатогенного вида.

Остановимся здесь еще на одном свойстве эндофитов. Хорошо известно, что микроорганизмы могут попадать внутрь растений при механических повреждениях тканей абиотическими и биотическими факторами. Однако как показано нами, проникновение некоторых бактерий во внутренние ткани растений может иметь место и без таких повреждений [Максимов и др. (Maksimov et al.), 2016]. При этом даже при большой концентрации клеток или спор такие бактерии не вызывают признаков угнетения роста и/или развития растения-хозяина [Курамшина и др. (Kuramshina et al.), 2019]. В связи с этим мы уточнили определение «эндофитные бактерии», относя к ним бактерии, проникающие во внутренние растительные ткани без повреждений, вызванных воздействием других факторов, и способные жить внутри растений, не нанося им вреда [Хайруллин, Сарварова (Khairullin, Sarvarova), 2016]. Уточнение «не нанося вреда» позволяет считать эндофитами и фитопатогенные виды бактерий, если их внедрение в растительные ткани не сопровождается угнетением роста и развития растений, уменьшением продуктивности и/или степени устойчивости к действию каких-либо стрессовых факторов. В этом мы согласны с Вилсоном [Wilson, 1995], что при описании микроорганизма, как эндофита, «мы должны отдавать приоритет биологическому контексту ситуации».

Статистика исследований эндофитов.

Согласно Гаррисон и Гриффин [Harrison, Griffin, 2020], изучавшим статистику публикаций с 1978 г. по 2016 г. по данным информационных баз данных Google Scholar и Web of Science, посвященных исследованию эндофитов, в 1978 г. было опубликовано около десяти работ, объектами изучения в которых были эндофитные грибы. Первые

публикации об эндофитных бактериях эти авторы относят к 1995 г., отметим, что эти сведения цитируемых авторов верны, если учитывать только указанные базы данных. Зденка Самиш с соавт. [Samish et al., 1961] в публикации 1961 г., посвященной выделению эндофитов из плодов томата, приводили информацию не менее чем о восьми работах других авторов 1940-1957 гг., обнаруживших бактерии в различных частях здоровых растений, особенно часто в запасающих органах. Были опубликованы работы и самой Самиш с соавт. [Samish et al., 1961].

Не рассматривая подробно историю изучения эндофитных бактерий, следует сказать, согласно Клеппер с соавт. [Klopper et al., 1997], теория обитания в тканях растений бактерий, не патогенных для хозяина, восходит к Перотти [Perotti, 1926], который, по нашему мнению, придавал бактериальным эндофитам глобальную роль в формировании агроценозов, наряду с ризосферными микроорганизмами. В указанной работе Перотти сообщал, что к тому времени бактерии были обнаружены в растениях семейств *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Cruciferae*, *Euphorbiaceae*, *Gramineae*, *Labiatae*, *Malvaceae*, *Papaveraceae*, *Poligonaceae*, *Solanaceae*, и такой «союз между зелеными растениями и бактериями» он назвал «бактериориза» («bacteriorhiza»). Этот союз функционирует, по мнению Перотти, в гистосфере («histosphere») и в ультрасимбиотической («ultra-symbiotic») области, а атака («attack») симбиотических бактерий ограничена гистосферой, где им удастся найти условия равновесия и где реализуются три различных вида симбиоза:

- 1) бактериориза («bacterioriza», «bacteriorhiza», Перотти);
- 2) микориза («mycorrhiza», Trank (цит. по Perotti, 1926));
- 3) органориза («organorhiza (tubercles, mycodomazi, bacteriodomazi)»).

Отметим, что термин «bacteriorhiza» связывают с публикацией в 1904 г. Хильтнера (Lorenz Hiltner) [Hartmann et al., 2007], вышедшей ранее цитируемой работы Перотти [1926].

Однако другие исследователи [Smith, 1911] критически относились к сведениям о существовании нефитопатогенных бактерий внутри растений. Так, цитируемый автор писал: «...Убеждение в том, что они (непатогенные бактерии, примечание наше) могут нормально встречаться внутри растений, возникло из неточных наблюдений и экспериментов различных ранних исследователей, в частности Бешама и Халлье («Véchamp and Hallier»). Спор продолжался в течение нескольких лет, но в конце концов был разрешен отрицательно». Интересно, что

в цитируемой работе сообщалось также об исследованиях Бернхайма (Bernheim, 1888), который обнаружил бактерии внутри семян злаков, но Смит [Smith, 1911] считал этот факт также недостоверным.

Пател [Patel, 2014], анализируя базу данных Web of Sciences, сообщает, что в 2002 г. вышло 100 публикаций, посвященных исследованию эндофитных грибов и 60 – бактерий, в 2013 г. - 330 и 31, соответственно. Практическое применение эндофитов описывалось в 1995 г. в двух публикациях, в 2005 г. – в пяти, в 2011 г. – в четырнадцати.

Согласно интерактивной карте Гаррисона и Гриффина [Harrison, Griffin, 2020], в России указаны только три точки изучения эндофитов, но Уфа не отмечена на карте, тогда как, например, в Европе таких точек очень много, что свидетельствует о недостоверности информации, приводимой цитируемыми авторами.

Мы провели анализ публикаций отечественных авторов по данным базы elibrary.ru за период с 2000 по 2022 гг., в которых встречались бы слова «эндофит», «эндофитные», «бактерии», «грибы», «растения». Выделяя в качестве объектов только эндофитные бактерии, мы насчитали триста сорок одну публикацию. Эндофитные бактерии изучали (или применяли в исследованиях) семьдесят одно научное учреждение (включая структурные подразделения исследовательских центров, а также высшие учебные заведения) и шесть коммерческих предприятий. Выявлен рост интереса к изучению бактериальных эндофитов (рис. 1А).

По данным этих публикаций в России можно выделить три крупных научных центра (города) изучения эндофитных бактерий – Уфа, Мичуринск, Санкт-Петербург - Пушкин. 30% отечественных работ опубликована представителями уфимской научной школы, 13% - сотрудниками ФНЦ им. И.В. Мичурина и Мичуринского ГАУ, 7% - ВНИИСХМ (С.-Пб-Пушкин), что составляет половину всех отечественных публикаций, посвященных изучению эндофитных бактерий (рис. 1Б).

Наибольшее количество работ (46) опубликовано с участием автора, 30 работ - М.И. Козаевой (г. Мичуринск, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина), 29 работ – И.В. Максимовым (Уфа, Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН).

Возвращаясь к русскоязычным публикациям отечественных авторов, отметим, что и до 2000 г. уже были печатные работы, посвященные изучению эндофитных бактерий. Рассмотрим историю возникновения уфимской научной школы эндофитологов.

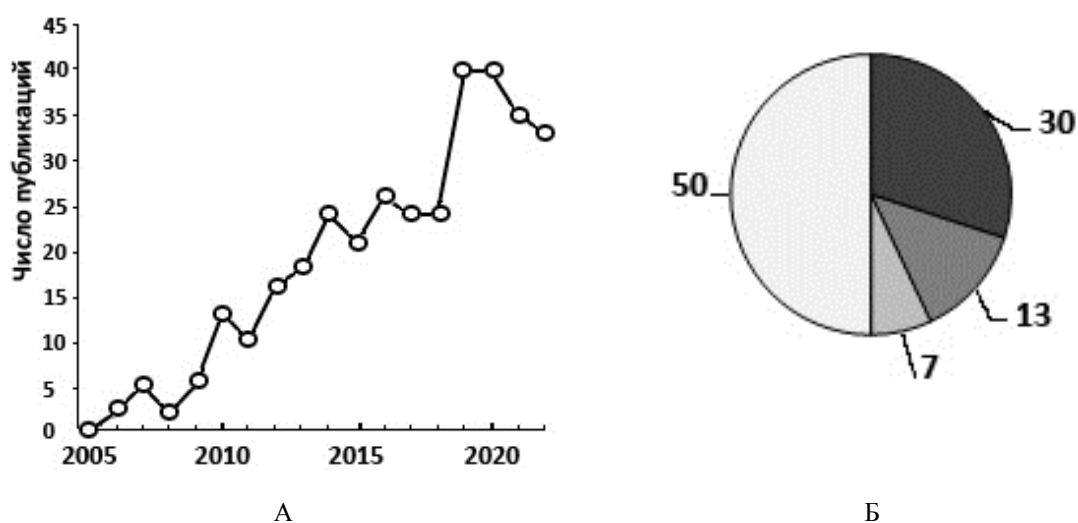


Рисунок 1 А) Распределение по годам количества публикаций отечественных авторов, посвященных исследованию или применению эндофитных бактерий (по базе данных elibrary.ru). Б) Распределение числа публикаций отечественных авторов (процент от общего числа) по месту их работы за 2005-2022 гг., посвященных изучению или применению эндофитных бактерий (по базе данных elibrary.ru)

■ - Уфа и г. Стерлитамак; ■ - г. Мичуринск; ■ - СПб-Пушкин; □ - другие
 Fig. 1 Distribution by year of the number of publications of russian authors related to the study or application of endophytic bacteria (according to the database elibrary.ru). B) Distribution of the number of publications of russian authors (percentage of the total number) at their affiliations 2005-2022, related to the study or application of endophytic bacteria (according to the database elibrary.ru)
 ■ - Ufa & Sterlitamak; ■ - Mitchurinsk city; ■ - St. Petersburg–Pushkin city; □ - others

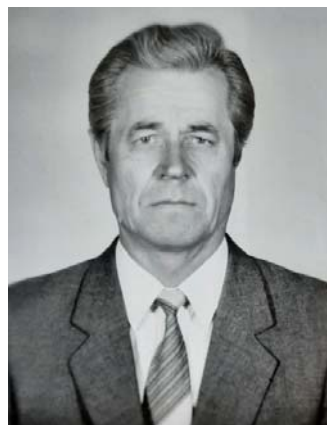
Уфимская научная школа эндофитологов.

Основателем уфимской научной школы эндофитологов бесспорно является доктор сельскохозяйственных наук, профессор Магдан Янфаевич Менликиев – уроженец села Ново-Санны Буздякского района Республики Башкортостан. Волею судьбы он оказался в Таджикистане (Сталинабад, совр. Душанбе). В 1954 г. окончил Таджикский сельскохозяйственный институт и начал трудовую деятельность главным агрономом совхоза им. Ворошилова Регарского района Таджикской ССР. В 1957 г. работал младшим научным сотрудником Вахшской зональной опытной станции Таджикского НИИ земледелия (г.Курган-Тюбе). В 1959 г. был направлен в аспирантуру во Всесоюзный институт защиты растений (ВИЗР, СПб-Пушкин).

В 1963 г. Магдан Янфаевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по теме «Фузариозное увядание сортов тонковолокнистого хлопчатника и изыскание путей и способов борьбы с заболеванием в условиях Вахшской долины Таджикской ССР», научный руководитель профессор С.М. Тупеневич; в 1973 г. - докторскую диссертацию по теме «Исследование фузариозного увядания тонковолокнистого хлопчатника, разработка и обоснование мероприятий, производственная

проверка их в Таджикской ССР», научные консультанты профессор С.М. Тупеневич, академик АН Таджикской ССР В.П. Красичков.

С 1963 г. с перерывом работал в Таджикском аграрном университете на кафедре защиты растений, став первым ее заведующим (1968 г.) (<https://www.tajagroun.tj/ru/kafedry/kafedra-zashchity-i-karantina-rastenij.html>; дата обращения 09.11.2023 г.).



Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
 Магдан Янфаевич Менликиев
 Doctor of Agriculture Sciences, professor Magdan
 Yanfaevish Menlikiev

По согласованию с отделом сельского хозяйства Башкирского обкома КПСС в 1980 г. М.Я. Менликиев был приглашен на вакантную должность заведующего лабораторией защиты растений Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (БНИИСХ). В июле 1980 г. был единогласно избран на указанную должность и работал в этом институте с сентября 1980 г. по ноябрь 1982 г. Затем вновь уехал в Таджикистан, где работал начальником научно-организационного управления Таджикской сельскохозяйственной академии наук.

В феврале 1996 г. Башкирский НИИ сельского хозяйства заключает контракт с Магданом Янфаевичем о приеме его на работу на должность старшего научного сотрудника, в обязанности которого входило изолирование эндофитных бактерий, идентификация их по морфолого-культуральным признакам и установление видовой принадлежности, изучение взаимоотношений между эндофитными бактериями и фитопатогенами, отбор антагонистически активных эндофитбактерий к возбудителям грибных и бактериальных болезней растений, создание опытных образцов биопрепаратов на их основе и разработка регламента применения.

Таким образом, **начало исследований эндофитных бактерий в г. Уфе относится к 1996 г.** До октября 2002 г. Магдан Янфаевич работал в БНИИСХ главным научным сотрудником, а после двухлетнего перерыва по совместительству в этом же институте занимал должность руководителя группы микробиотехнологии при лаборатории защиты растений (2004-2010 гг.).

Основным растительным объектом в научных работах М.Я. Менликиева была традиционная для Таджикистана культура хлопчатника, а микробиологическим объектом – фитопатогенные фузариозные грибы, выделенные из тканей этого растения [Менликиев (Menlikiev), 1962]. Таким образом, первоначальные исследования эндофитов в Таджикистане, соответственно, предыстория уфимской школы (ее родоначальника) относятся не позже, чем к 1960 г., учитывая время, необходимое для проведения экспериментальных работ. Ко времени проведения диссертационных исследований Магдана Янфаевича, несомненно, были известны и доступны работы, в которых изучались фунгицидные и бактерицидные вещества бактерий и/или грибов, выделенных из почвы или ризосферы растений, в том числе и непосредственно для защиты хлопчатника (С.А. Аскаровой, Э.Г. Африкяна, Н.А. Красильникова, Г.М.Кублановской, Р.О.Мирзабекян, А.А. Пантелеева, Х.Т.Тиллаева; цит. по Султанова (Sultanova), 2016]. Как позже напишут ученики Магдана Янфаевича [Надери (Naderi), 1993], вместе с изолятами грибов родов *Fusarium* и *Aspergillus* из

тканей хлопчатника (сорта 9883-И) выделялись также и бактерии, преимущественно рода *Bacillus*, среди которых был и антагонистический штамм *B. subtilis* 26D(Д) (ВНИИСХМ №128), в наших исследованиях принятый за эталонный при сравнении свойств новых штаммов эндофитов, так как стал основой первого в СССР биофунгицида на основе эндофитной бактерии, испытания которого в Таджикской ССР начались в 1988 г. [Менликиев и др. (Menlikiev et al.), 1996], вначале под названием хлопкоспорин [Менликиев и др. (Menlikiev et al.), 1992; Каримов (Karimov), 1993; Козачко (Kozachko), 1997], впоследствии известного в России как фитоспорин [Менликиев и др. (Menlikiev et al.), 1996]. Нам удалось связаться с д.б.н. Мавжудой Хасановной Султановой, которая подтвердила сведения, что вместе с изолятами грибов выделялись и бактерии, от которых вначале Магдан Янфаевич просил избавиться для получения чистых культур грибных фитопатогенов и лишь потом было выдвинуто предположение о защитных функциях таких «посторонних» микроорганизмов в растениях хлопчатника.

Согласно характеристике, выданной 29 августа 1995 г. заместителем Президента Таджикской сельскохозяйственной академии И.С. Хитринцевым, Магдан Янфаевич «... С 1985 г. ведет исследовательскую работу по новому направлению, ищет возможности биологической иммунизации с.-х. культур путем использования эндофитных бактерий...».

Итак, **отправной датой начала детальных исследований эндофитных бактерий М.Я. Менликиевым, как средств «биологической иммунизации с.-х. культур», можно считать 1985 г., а местом – кафедре защиты растений Таджикского СХИ.**

Из автобиографических данных М.Я. Менликиева следует, что в 1987 г. в журнале «Известия АН Таджикской ССР. Отделение биологических наук» под номером 2 выходит его работа в соавторстве с А.В. Хотяновичем, М.Х. Султановой и Н.У. Шариповой, в которой звучит четкое определение изучаемых микроорганизмов: «Вредная и полезная эндофитная микрофлора хлопчатника». Затем следует ряд публикаций по биологической иммунизации растений. В 1990 г. в виде тезисов Второго симпозиума стран – членов СЭВ по микробным пестицидам (15-19 октября 1990 г.) появляется сообщение «Bacteria *Bacillus* genus in the basis of preparation for agriculture» (к сожалению, соавторов Магдан Янфаевич не указал в автобиографии). В 1990 г. в сборнике «Защита растений и сельскохозяйственных продуктов от вредителей и болезней» (Душанбе, 1990) в соавторстве с М.Х. Султановой и В.А. Вьюницкой

публикуется работа «Микроорганизмы ризоплана и эндотканей растений хлопчатника и их роль в патологическом процессе». Еще раньше, в 1989 г. в книге «Научно обоснованные системы земледелия Курган-Тюбинской зоны Хатлонской области Таджикской ССР» (Душанбе: «Дониш») вышла совместная с М.Г. Ваньянц публикация «Защита хлопчатника от вредителей и болезней». Таким образом к моменту подачи заявки на авторское свидетельство СССР №1717156 (22.02.1990 г.) [Смирнов и др. (Smirnov et al.), 1992] на изобретение «Штамм бактерий *Bacillus subtilis* для получения препарата против возбудителей заболеваний хлопчатника» был сформирован основной состав авторов-исследователей (В.В. Смирнов, М.Я. Менликиев, С.Р. Резник, В.А. Вьюницкая, Г.М. Ваньянц, М.Х. Султанова М.Х., А. Джумаев, Н.У. Шарипова).

Согласно воспоминаниям д.б.н. М.Х. Султановой, для определения видов эндофитных бактерий, выделенных из внутренних тканей хлопчатника, М.Я. Менликиев выехал в г. Ленинград, во ВНИИ защиты растений, где была установлена принадлежность эндофитов к роду *Bacillus*. Для окончательной видовой идентификации и оценки безопасности антагонистически сильных штаммов Магдан Янфаевич обратился за помощью в Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного Академии наук Украинской ССР. 26 мая 1989 г. директор института академик АН УССР В.В. Смирнов обратился с письмом к директору ВНИИСХМ И.А. Тихоновичу, в котором просил «...принять на депонирование в коллекцию института 2 штамма бактерий *Bacillus subtilis*, перспективных для создания биопрепаратов, предназначенных для предупреждения бактериальных и грибных болезней хлопчатника». Один из этих штаммов – 26Д, получил номер 128 в коллекции ВНИИСХМ.

До открытия лаборатории биотехнологии БГАУ (2000 г.) в Башкирии (Башкирский НИИСХ) преимущественно изучалась лишь эффективность применения препарата фитоспорин на основе эндофита *B. subtilis* 26Д в борьбе с болезнями с.-х. культур и разрабатывались рекомендации по его применению. Эти исследования проводились в лаборатории защиты растений указанного института (заведующий д.б.н. А.М. Ямалеев) по теме «Разработать принципы фитосанитарной оптимизации растениеводства на основе интегрированной защиты зерновых культур от болезней, вредителей и сорняков, обеспечивающие снижение пестицидного прессинга на агробиоценоз, адаптированных к агроландшафтам». Отдельным подразделом в этой тематике НИР велись исследования по теме «Создать биопрепараты на

основе антагонистически активных эндофитных бактерий и разработать технологии их применения в защите зерновых культур от комплекса болезней», научный руководитель д.с.-х.н. М.Я. Менликиев. Полевые опыты проводились на таких объектах как озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, горох. В экспериментах оценивалась эффективность применения препарата фитоспорин отдельно и в сочетании с протравителями семян (премис-тотал, тетраметилтиурам дисульфид (ТМТД)) и фунгицидами (тилт, ровраль ФЛО) по вегетации. Фитоспорин по эффективности защиты вегетирующих растений от болезней уступал химическим фунгицидам, но при этом было отмечено преимущество его применения для предпосевной обработки семян в комбинации с протравителями.

Кроме изучения эффективности применения препарата фитоспорин группа М.Я. Менликиева исследовала свойства штаммов шести других эндофитных бактерий *B. subtilis*, *B. polymixa*, *B. megaterium*. Внимание уделялось антагонистической активности в отношении, преимущественно, фузариевых грибов, отмечалась высокая активность штамма *B. subtilis* 24Д по сравнению со штаммом 26Д. К 2002 г. была разработана технология производства препарата на основе бактерии *B. subtilis* 24Д, получившего название Интеграл, производство которого было освоено в ЗАО «Элита-комплекс» (г. Екатеринбург).

Другим результатом указанных выше работ стала в 1997 г. заявка на изобретение «Биопрепарат фитоспорин для защиты растений от болезней» (авторы Смирнов В.В., Сорокулова И.Б., Бережницкая Т.Г., Ваньянц Г.М., Менликиев М.Я., Недорезков В.Д., Минеев М.И., Вахитов В.А., Байгузина Ф.А.; опубл. 27.12.1997 г.) [Смирнов и др. (Smirnov et al.), 1997], в котором патентообладателями были два учреждения - Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины и Научно-производственное объединение «Башкирское» (название ВНИИСХ в то время). Однако кроме изучения культурально-морфологических свойств отдельных штаммов, их антагонизма против фитопатогенов *in vitro*, а также оценки эффективности защиты растений препаратами фитоспорин и Интеграл в полевых условиях НИР по другим направлениям, в т.ч. фундаментального характера, не проводились.

По нашему мнению, в конце 1990-х гг. в Уфе тесно переплетались научно-практические работы таких организаций как ООО НВП «БашИнком», ВНИИСХ, Дочернее предприятие Государственного унитарного предприятия (ДП ГУП) «Биофаг» по разработке препаратов на основе эндофита *B. subtilis* 26Д (следует отметить большой научно-организационный вклад в разработку технологий

производства препарата фитоспорин директора «Биофага» Фанили Абузаровны Байгузиной), а также препаратов и удобрений на основе гуминовых кислот. Так, в БНИИСХ в 1997 г. начались исследования по теме «Создать комплексные органоминеральные удобрения на основе местных ресурсов Башкортостана – бурых углей, отходов промышленных предприятий и агроруд, обеспечивающие повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и воспроизводство плодородия почв», научный руководитель, ведущий научный сотрудник БНИИСХ, д.с.-х.н. Ф.Г. Азанова-Вафина. Были созданы образцы органоминеральных удобрений на основе бурых углей Кумертауского и близлежащих месторождений. Прибавки биологического и хозяйственного урожая зерна яровой пшеницы и ячменя при внесении определенных образцов удобрений доходили до 79% в сравнении с контролем. По результатам работ была выявлена эффективность включения в состав гуматов микроэлементов – молибдена, марганца, цинка, меди, кобальта, а также макроэлементов – серы, железа и кремния, при содержании углерода до 75%, азота 3-10%, фосфора 3-6%, калия 2-5%. Удобрения предлагалось производить в твердой форме с нормой внесения 50-100 кг/га. При этом был сделан вывод, что такой продукт действует не как удобрения, а как мелиорант почвы, обладающий лечебно-профилактическим действием и регулирующий комплекс биологических и физико-химических процессов.

В марте 1998 г. одновременно были поданы заявка на патент №2128914 на изобретение «Способ получения препарата фитоспорин» (патентообладатели Байгузина Ф.А., Штроман Г.А., Кузнецова Т.Н., Байгузина С.Н., опубликовано 20.04.1999) [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 1999a], и №2129375 на изобретение «Биопрепарат фитоспорин жидкий для защиты растений от болезней» (патентообладатели Байгузина Ф.А., Штроман Г.А., Менликеев М.Я., Алсынбаев М.М., Каверин В.В., Кузнецова Т.Н., Байгузина С.Н., опубликовано 27.04.1999 г.) [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 1999b]. В этих патентах предлагалось совместно с бактериями использовать препарат гуми на основе гуматов, как стабилизатора в количестве 0,5-2%.

В этом же 1998 г., согласно сведениям ООО НВП «БашИнком», была создана «уникальная разработка совместная с БашНИИСХ - биофунгицид ФИТОСПОРИН-М...» в основе которого была бактерия *Bacillus subtilis* (26Д, примечание наше) на гуминовом носителе» (<https://www.bashinkom.ru/about/istoriya-kompanii/>, дата обращения 09.11.2023 г.). Этот биофунгицид в

различных препаративных формах зарегистрирован в «Государственном каталоге... [Gosudarsvennyj katalog..., 2023].

Следует признать особое неустанное внимание со стороны ООО НВП «БашИнком», прежде всего, лично его руководителя Вячеслава Ивановича Кузнецова за трендом в области отечественных разработок биологических средств защиты растений, других биопрепаратов для сельского хозяйства, восприимчивость к новым идеям и пилотным работам научных коллективов страны, других конкурирующих предприятий. Благодаря этому, а также, на наш взгляд, своевременному финансированию компанией перспективных научно-практических разработок, по оценке Министерства экономического развития Российской Федерации, «БашИнком» является лидером биотехнологической отрасли и «Национальным чемпионом» проекта «Поддержка частных высокотехнологических компаний-лидеров»

(<https://www.bashinkom.ru/news/nvp-bashinkom-priznannyy-lider-biotekhnologicheskoy-otrasli-rossii-/>; дата обращения 09.11.2023 г.). Предприятие, в составе которого 6 заводов на территории Башкирии, выпускает более 250 видов биопрепаратов и биоактивированных удобрений ежегодным объемом 20 тыс. тонн (<https://greenangel.ru/info/brands/bashinkom/>; дата обращения 09.11.2023 г.). Одной из последних разработок, представляющих научный интерес, является препарат «Фитоспорин-АС», в состав которого входят бактерии *B. subtilis*, штамм 26Д, 1К, 3К, 3Н, 8К, 7К, 3/28, а также грибы *Trichoderma reesei* 4К + *T. atroviride* 10К + *T. longibrachiatum* 9К (Государственный каталог... (Gosudarsvennyj katalog...), 2023]. Как видно, эндофитную бактерию *B. subtilis* 26Д, которую начали применять на полях Таджикистана с 1988 г. 35 лет назад [Менликеев и др. (Menlikiev et al.), 1996], можно считать «бессмертной».

В отличие от работ практической направленности, проводимых с 1996 г. в БНИИСХ по изучению эффективности применения препарата фитоспорин на основе эндофита *B. subtilis* 26Д для защиты растений и возможности улучшения свойств биофунгицида с помощью различных органоминеральных компонентов, в частности гуматов, научно-организационная основа масштабных фундаментальных исследований свойств эндофитных бактерий и механизмов их взаимоотношений с растениями была заложена в Уфе учебно-исследовательской лабораторией биотехнологии Башкирского государственного аграрного университета (БГАУ), организованной в мае 2000 г. по инициативе ректора, д.б.н., профессора Владимира

Дмитриевича Недорезкова, которую по совместительству возглавил автор. С момента организации указанной лаборатории по приглашению В.Д. Недорезкова на должности главного научного сотрудника стал работать М.Я. Менликиев (2000-2005 гг.). По совместительству в лаборатории работал и к.б.н. с.н.с. И.В. Максимов. Всего в штате лаборатории числилось 4 научных сотрудника и один лаборант. Затем лаборатория вошла в состав организованного 30 июня 2000 г. научно-экспериментального комплекса университета (НЭК БГАУ) под руководством автора. В состав НЭК входили также центральная аналитическая лаборатория (ЦАЛ, включающая аккредитованные ЦИНАО (№РОСС RU.0001.512661) испытательную лабораторию, лабораторию радиационного контроля (№41346-99 Государственного реестра)) и лаборатория электронной микроскопии. Чуть позже было принято решение об организации в НЭК научно-исследовательской лаборатории молекулярной генетики – первой среди подобных в вузах биологического профиля Республики Башкортостан. В августе 2003 г. в составе НЭК была создана хозяйственная научно-исследовательская лаборатория репродуктивной биотехнологии скота, в 2005 г. организована первая в Башкортостане аккредитованная испытательная лаборатория по иммуногенетической экспертизе достоверности происхождения племенных животных с лицензией МСХ РФ (№ гос. регистрации 1030244602669).

В феврале 2002 г. учебно-исследовательская лаборатория биотехнологии получила статус научно-исследовательской. Научное руководство темой «Изучение эндофитных бактерий и создание на их основе препаратов для защиты растений от болезней» осуществлял д.с.-х.н., профессор М.Я. Менликиев.

13 февраля 2006 г. НЭК был реорганизован в научно-образовательный центр (НОЦ) БГАУ, целями которого являлись организационное, научно-методическое, информационно-техническое содействие интеграции науки и образования, развитие инновационных технологий. В состав НОЦ входили: отдел анализов, лаборатории: физико-химического анализа, спектрометрии и хроматографии, биохимии животных, биотехнологии, молекулярной генетики, электронной микроскопии, репродуктивной биотехнологии скота. Штатное расписание включало 29,75 ед. ставок. В НОЦ функционировал свой ученый совет.

Лаборатории НОЦ различного аналитического профиля позволяли всесторонне подойти к исследованию эндофитов, а специалисты кафедры защиты растений и растениеводства БГАУ, используя опытные поля университета - оценивать эффективность новых штаммов бактерий в составе

экспериментальных препаратов. Тесный контакт лаборатории биотехнологии с кафедрами факультета ветеринарной медицины и биолого-технологического факультета позволил расширить объекты применения эндофитов.

Следует отметить, что определенные физиологические реакции растений отдельных видов с.-х. культур при обработке их препаратами на основе эндофита *B. subtilis* 26Д, а также некоторые биохимические изменения активности защитных соединений еще до организации лаборатории биотехнологии БГАУ изучались в Уфе и ранее. Но эти работы были единичными и носили разрозненный характер. Например, М.Я. Менликиев с соавт. [1997] считали, что эндофиты «улучшают азотное и фосфорное питание растений», однако собственные экспериментальные данные не приводили. К одной из первых публикаций уфимских эндофитологов, в которой сообщалось влияние инокуляции растений клетками бактерии *B. subtilis* 26Д на активность защитных белков можно отнести совместную работу д.б.н. профессора Р.И. Ибрагимова (Башкирский государственный университет, БашГУ), Л.И. Пусенковой (БНИИСХ) и др. [Ибрагимов и др. (Ibragimov et al.), 1999]. В ней представлены данные об изменении активности ингибиторов трипсина в прорастающих клубнях и этиолированных проростках картофеля, обработанных ТМТД, иммуноцитифитом и фитоспорином. В 2002 г. Л.И. Пусенковой была защищена кандидатская диссертация, в которой один из выводов свидетельствовал о стимуляции обработкой растений фитоспорином синтеза растительных белков, обладающих антипротеолитической активностью [Пусенкова (Pusenkova), 2002].

Несмотря на то, что эндофитные бактерии, как самостоятельный объект исследований, рассматривались в научных работах БНИИСХ под руководством М.Я. Менликиева, о чем мы пишем выше, начало масштабному поиску и выделению новых штаммов эндофитных бактерий уфимскими эндофитологами было заложено все же сотрудниками лаборатории биохимии иммунитета растений Института биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН (в наст. вр. ИБГ УФИЦ РАН) к которым М.Я. Менликиев, работая уже в учебно-исследовательской лаборатории БГАУ, в мае 2000 г. обратился за методической помощью в выделении эндофитов и с предложением о совместных исследованиях. В июне этого же года результатом совместных исследований стали несколько изолятов бактерий из растений картофеля, послужившие основой коллекции эндофитов БГАУ, которая к 2005 г. насчитывала не менее тысячи единиц хранения, около двухсот идентифицированных микроорганизмов, в

основном представителей рода *Bacillus*. Один из новых штаммов (*Bacillus subtilis*M1, ВНИИСХМ 111Д24), полученный коллективом авторов, был запатентован [Менликиев и др. (Menlikiev et al.), 2007].

Забегая вперед, укажем на «спиральный круг» фундаментальных исследований эндофитов в ИБГ УФИЦ РАН. Начавшись, как мы отмечали выше, в лаборатории биохимии иммунитета растений этого института в мае 2000 г. и активно развившиеся в период с 2002 по 2010 гг. в лаборатории биотехнологии БГАУ, в конце 2010 г. они практически полностью прекратились в университете, но с новой силой и на более высоком методическом уровне вновь продолжились в ИБГ УФИЦ РАН.

Аналогичный «спиральный круг» (2012-2017 гг.) исследования эндофитных бактерий преимущественно фундаментального характера совершили, пройдя через Башкирский НИИСХ. Так, в 2012 г. сотрудниками указанного института была опубликована работа о выделении новых штаммов эндофитных бацилл [Lastochkina et al., 2012]. Затем сотрудники отдела защиты растений БНИИСХ опубликовали еще несколько работ указанного характера, посвященных эндофитам [Ласточкина и др. (Lastochkina et al.), 2013; Широков и др. (Shirokov et al.), 2014; Pusenkova et al. (Pusenkowa et al.), 2015; Lastochkina et al., 2017]. С переходом к.б.н. О.В. Ласточкиной на работу в лабораторию молекулярных механизмов устойчивости растений к стрессам ИБГ УФИЦ РАН, интерес сотрудников которой ранее был в основном к механизмам действия фитогормонов и сигнальных молекул (оксида азота) в растениях при абиотических стрессах, по данным базы eLibrary.ru не менее чем половина ее публикаций 2022 г. в возглавляемой теперь уже ею лабораторией была посвящена, в том числе, эндофитным бактериям. Суммируя все приведенные выше исторические сведения, на наш взгляд, ответ на философский вопрос «о роли личности в истории...» здесь напрашивается сам по себе.

В период работы в Башкирском ГАУ Магдан Янфаевич передал коллегам свой практический опыт и знания в области исследования эндофитных бактерий, в частности необходимость наличия в лаборатории коллекции фитопатогенных грибов различных видов для оценки комплексной активности эндофитов, использование искусственного инфекционного фона для выделения антагонистически сильных штаммов эндофитов из здоровых растений, алгоритмы действий по оценке безопасности микроорганизмов и для государственных регистрационных испытаний и др. М.Я. Менликиев объединил в один творческий коллектив сотрудников БГАУ, ИБГ УФИЦ РАН (И.В.

Максимов), ДП ГУП «Биофаг», ГУП «Иммунопрепарат» (Ф.А. Байгузина, Р.Ш. Захарова, Т.Н. Кузнецова, Р.С. Нафиков), Федерального государственного учреждения науки «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (О.Н. Дубинина), ЗАО НПС «Элита-Комплекс» (Сатубалдин К.К.). Затем к изучению эндофитных бактерий подключились сотрудники БашГУ (С.Р. Гарипова) и его Стерлитамакского филиала (З.М. Курамшина).

Одновременно с этим Магдан Янфаевич установил тесный контакт между лабораторией биотехнологии БГАУ и сотрудниками Всероссийского института защиты растений (Санкт-Петербург, г. Пушкин). Так, благодаря М.Я. Менликиеву лаборатория биотехнологии БГАУ стала своеобразным центром, объединяющим всю цепочку работ по изучению эндофитов – от выделения бактерий в полевых условиях и фундаментальных исследований до государственной регистрации микробиологического препарата.

Следует добавить, что организация в БГАУ малого инновационного предприятия (МИП) ООО «БИОФОРТ» - первого в Республике Башкортостан победителя конкурса «СТАРТ» в области биотехнологии с проектом разработки новых биофунгицидов позволила благодаря организационной и научной деятельности директора этого МИП д.т.н. Рима Рашитовича Камалетдинова включить в группу исследователей эндофитных бактерий также и инженеров-механиков – преподавателей кафедры сельскохозяйственных машин. Такой союз биологов и инженеров стал основой решения задач осуществления щадящего воздействия на микроорганизмы с.-х. машинами при предпосевной обработке семян и опрыскивании вегетирующих растений [Камалетдинов и др. (Kamaletdinov et al.), 2009; Галлямов и др. (Galljamov et al.), 2013].

Магдан Янфаевич, как научный руководитель, представил сотрудникам для разработок новых биофунгицидов гипотезу, в основе которой были два предположения: 1) высокой устойчивости с.-х культур к болезням и продуктивности будет способствовать инокуляция растений сильными эндофитными антагонистами (фитопатогенных грибов); 2) в каждой агроклиматической зоне из внутренних тканей растений можно выделить «местные» штаммы эндофитных бактерий. На основе этой гипотезы был начат поиск эндофитов-антагонистов из внутренних тканей растений яровой мягкой пшеницы на полях кафедры защиты растений БГАУ. Впоследствии объектом изучения стали также бобовые растения – горох и фасоль.

Опираясь на гипотезу М.Я. Менликиева о «местных» штаммах эндофитов и учитывая различия

в температурном оптимуме для роста бактерий (37°C) и фитопатогенных грибов (25-27°C) одновременно нами была выдвинута идея о селекции низкотемпературных штаммов антагонистических бацилл, как более эффективных в подавлении болезней растений уже в фазе проростков, когда температура окружающей среды обычно не превышает 20°C. Так были получены антагонистичные штаммы *B. subtilis* НТ1 (низкотемпературный) и НТ2. Однако инокуляция ими семян и обработка растений пшеницы в первый год проведения полевых экспериментов (2002) не привели к ожидаемому эффекту. Более того, поиск и выделение «местных» штаммов из внутренних тканей здоровых растений пшеницы, выращенных из неинокулированных и непротравленных семян на жестком инфекционном фоне возбудителей корневых гнилей, также не привели к ожидаемому получению изолятов бактерий с антагонистической активностью, превосходящей *in vitro* активность эталона – штамма *B. subtilis* 26Д.

Отрицательные результаты двух экспериментов (и проверка гипотезы М.Я. Менликиева) заставили тщательно изучить различные аспекты взаимодействия растение-эндофит по имеющимся источникам научно-технической литературы и сделать нам следующие предположения.

1) Следует учесть, что на начальных этапах роста с.-х. культур весной температура на поверхности почвы может не только достигать 37°C (оптимум роста бактерий), но и превышать это значение. Поэтому селекция низкотемпературных штаммов может иметь значение, преимущественно, для промышленного производства микробиологических препаратов с целью уменьшения энергетических затрат.

2) Внедрение не только фитопатогенного микроорганизма, но и эндофита-мутуалиста обязательно включает в растительных клетках определенные защитные реакции. Поэтому даже не сильный эндофит-антагонист может вызывать у растений сильный защитный эффект благодаря ранней экспрессии PR-генов (pathogenesis-related, связанные с патогенезом) и наличию уже готовых РНК-матриц защитных белков для быстрого ответа в случае появления истинного патогена на более поздних этапах онтогенеза (например, бурой листовой ржавчины на растениях пшеницы в фазе конца кущения).

3) Хороший защитный эффект (реакция устойчивости) может проявляться у растений только в случае достаточности элементов питания («голодный и истощенный плохо борется с болезнями»). Поэтому следует обращать внимание на способность эндофитов, которые не обязательно будут находиться

только во внутренних тканях растений, но также присутствовать и в ризосфере, проявлять не только антагонизм к фитопатогенам, но и мобилизовать элементы питания в почве (например фосфор) и фиксировать атмосферный азот.

4) Ключевую роль в запуске физиологических реакций устойчивости растений к фитопатогенам способны играть фитогормоны такие, как цитокинины, абсцизовая кислота (АБК), этилен. Поэтому следует изучать способность эндофитов продуцировать фитогормоны и другие регуляторы роста, изменять гормональный баланс самого растения при внедрении бактерий в растительные ткани и совместном существовании с хозяином. Следует также обратить внимание на физиологическую (рострегулирующую) активность бактериальных антибиотиков.

5) Растения живут в сообществе с микроорганизмами различных видов и с различной активностью. Поэтому следует также изучать взаимоотношения бактерий-эндофитов не только с фитопатогенами, но и с ризобиями и микоризными грибами, способными играть существенную роль в формировании устойчивости и продуктивности с.-х. культур.

6) В ризосфере растений присутствуют свободноживущие азотфиксаторы. Не исключается возможность проявления антагонизма эндофитов к таким микроорганизмам, в связи с чем необходимо исследовать взаимоотношения эндофитных бактерий с такими азотфиксаторами.

7) Продуктивность с.-х. культур в сообществе с эндофитами зависит от устойчивости растений не только к болезням, но и к абиотическим стрессовым факторам – высокой температуре, дефициту влаги, наличию в почве поллютантов и т.д. Поэтому следует изучать и общий антистрессовый для растительного организма эффект эндофитных бактерий при инокуляции ими растений. В случае дефицита влаги существенную роль может играть способность эндофитов синтезировать индолилуксусную кислоту (ИУК), либо запускать ее синтез самим растением, что будет способствовать развитию корневой системы для обеспечения организма водой и элементами минерального питания.

8) Среди возбудителей корневых гнилей особое внимание следует уделять фузариозным грибам, так как если инфекция грибом *Bipolaris sorokiniana* может влиять на устойчивость и продуктивность вегетирующих растений пшеницы, то фузариевые грибы опасны способностью поражать зерно и вызывать микотоксикозы животных и человека.

9) Сведения о синтезе бактериями фитохелатинов заставляют обратить внимание и на это свойство эндофитов, как конкурентов

фитопатогенов за пул макро- и микроэлементов и потенциальных солубилизаторов труднодоступных элементов питания растений.

Эти положения легли в основу ряда экспериментальных работ сотрудников лаборатории биотехнологии БГАУ, а впоследствии (с конца 2010 г.) лаборатории биохимии иммунитета растений ИБГ УФИЦ РАН, заставили обратить внимание и на другие свойства эндофитов, расширить область изучения их активности. Например, для полевых экспериментов 2003-2004 гг. целью поиска «местных» эндофитов часть семян пшеницы была обработана спорами *B. subtilis* 26Д, а затем из полученных растений выделены изоляты. Обработка семян проводилась, исходя из предположения, что в природных условиях может меняться геном этого эндофита, улучшающий его свойства. Каково же было удивление сотрудников, когда после инокуляции семян клетками указанного эндофита из стерилизованных различных тканей выращенных растений пшеницы обильно стали выделяться антагонистические бактерии! Однако возникло подозрение, что это может быть тот же штамм - *B. subtilis* 26Д. Оценка культурально-мофологических и биохимических свойств новых штаммов, в первую очередь антагонистической активности и способности активировать рост проростков пшеницы, выявила отличия выделенных эндофитов от исходного штамма. Затем эти различия были подтверждены на молекулярно-генетическом уровне [Егоршина и др. (Egorshina et al.), 2011]. Мы не обратили тогда внимание на это свойство эндофитных бактерий и не посвятили отдельную работу для его изучения. Об этом факте вновь вспомнили лишь, когда впервые выявили, что совместная инокуляция растений эндофитной бактерией *B. subtilis* 26Д способствует проникновению в растительные ткани клеток неэндофитной бактерии *Lacobacillus plantarum* [Сарварова (Sarvarova), 2021].

Начало системным исследованиям свойств эндофитных бактерий на примере штамма *B. subtilis* 26Д было положено работами И.Г. Мубинова, результаты которых подтвердили предположение, что внедрение не только фитопатогенного микроорганизма, но и эндофита-мутуалиста включает в растительных клетках определенные защитные реакции. Было выявлено, что инокуляция проростков пшеницы клетками этого эндофита приводит к увеличению в растительных тканях содержания АБК и ИУК [Мубинов и др. (Mubinov et al.), 2005].

Сравнительное изучение баланса фитогормонов в растениях пшеницы при инокуляции эндофитом, или биотрофным фитопатогенном *Tilletia caries*, или некротрофом *B. sorokiniana*, а также в тройных системах растение-эндофит-биотроф или

растение-эндофит-некротроф позволило прийти к выводу о сходстве стратегии внедрения эндофитной бактерии в растения со стратегией биотрофных грибов, для питания которых необходима живая растительная ткань. Было выдвинуто предположение о необходимости поддержания повышенного уровня ИУК и стабильности уровня других гормонов в растительных тканях в начале становления взаимоотношений растение-эндофит-патоген, позволяющего формировать устойчивость пшеницы к некротрофу, которая, как правило, наблюдалась разными авторами в ходе полевых испытаний биофунгицида фитоспорин [Гилязетдинов и др. (Giljazetdinov et al.), 2008]. Исследовались также активности защитных окислительных ферментов – пероксидазы, каталазы, оксалат оксидазы и изменения уровня активных форм кислорода (АФК) в растительных тканях при инокуляции растений эндофитом [Мубинов, Хайруллин (Mubinov, Hajrullin), 2005; Хайруллин и др. (Hajrullin et al.), 2006]. Впоследствии данные о способности эндофитов активировать защитные системы растения-хозяина были подтверждены сотрудниками ИБГ УФИЦ РАН на уровне экспрессии генов некоторых белков. Выявилось, что обработка растений суспензией клеток *B. subtilis* 26Д сенсibiliзирует геном растений и приводит к многократному повышению транскрипционной активности генов определенных изоформ пероксидазы в растениях, инфицированных фитопатогеном *Septoria nodorum* Berk., аналогично действию салициловой и жасмоновой кислот [Абизгильдина (Abizgil'dina), 2012].

В 2003 г. В.Д. Недорезковым [(Nedorezkov), 2003] была защищена диссертация на соискание ученой степени доктора наук, в которой показано, что защитное действие на растения клеток эндофита в составе препарата фитоспорин может быть связано не только с продукцией бактерией антибиотиков, но и синтезом хитиназ, а совместное – защитное и ростстимулирующее действие – с продукцией эндофитом цитокининов.

В 2010 г. сотрудниками лаборатории биотехнологии НОЦ БГАУ были защищены три диссертации на соискание ученой степени кандидата наук. Н.В. Иванчина исследовала характер взаимодействия эндофитов *B. subtilis* с ризобиями, в частности *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1078, а также влияние автономной и совместной инокуляций эндофитными бациллами и ризобиями на продуктивность растений гороха. Оказалось, что исследованные эндофиты обладали способностью продуцировать соединения с активностью подобной ауксином, цитокининам и гиббереллинам [Иванчина и др. (Ivanchina et al.), 2009; Иванчина, Сахабутдинова

(Ivanchina, Sakhabutdinova), 2009]. Было выявлено влияние типов почв на установление мутуалистических взаимоотношений эндофитных и клубеньковых бактерий с растениями [Иванчина (Ivanchina), 2008].

Влияние почвенных условий на эффективность действия препаратов на основе эндофитов, а также взаимоотношения эндофитов с бактериями *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *Azospirillum irakense*, *Azosp. lipoferum*, *Rh. leguminosarum* было исследовано М.А. Лукьянцевым [Хайруллин и др. (Hajrullin et al.), 2010]. В его диссертационной работе с использованием штамма *B. subtilis* 49PH, отличавшегося в коллекции эндофитов наивысшей антагонистической активностью по отношению к грибам рода *Fusarium* и другим, было убедительно показано, что высокая устойчивость инокулированных эндофитом растений к фитопатогенам не зависит от антагонистической активности бактерии. Одним из механизмов проявления такого свойства сильных эндофитов является ингибирующее рост растений действие антибиотиков (сурфактина), продуцируемых бактериями. Аналогичное неблагоприятное действие могут оказывать сильные эндофиты и на хозяйственно-полезные микроорганизмы, например, на указанные выше азотфиксаторы. Невысокая выживаемость такого эндофита в почве объясняла также проявление в полевых опытах и невысокой эффективности биофунгицида на его основе [Хайруллини др. (Hajrullin et al.), 2010].

Как уже отмечалось, лаборатория биотехнологии БГАУ тесно сотрудничала с преподавателями кафедр, в том числе животноводческого профиля. При производстве зерна на корм скоту и птице особую актуальность приобретало решение задачи уменьшения в нем содержания микотоксинов. Эта проблема не снималась с повестки дня и при производстве хлебопекарного зерна. Задачи выявления распространенности грибов рода *Fusarium* на территории Башкирии, оценки способности системы растение-эндофит противостоять поражению зерна фузариозом и изменять видовой состав популяции грибов этого рода решались в исследованиях Д.Р. Кутлубердиной. Так, в зерне яровой пшеницы, выращенной на территории Башкортостана, было выявлено одиннадцать видов грибов рода *Fusarium*, из которых по распространенности доминировали два: *F. sporotrichioides* и *F. poae*. Три вида - *F. acuminatum*, *F. tricinctum*, *F. equiseti* ранее не выявлялись на территории республики и были описаны впервые [Кутлубердина, Хайруллин (Kutluberdina, Khayrullin), 2008]. В исследованиях использовался высоко антагонистичный по

отношению к фузариям штамм эндофита *B. subtilis* 11PH. Особая ценность работы Д.Р.Кутлубердиной заключалась в установлении факта, что обработка семян пшеницы препаратом этой бактерии или фунгицидами раксил и террасил меняет структуру популяции грибов рода *Fusarium* в зерне нового урожая, повышая степень распространенности и доминирование грибов *F. sporotrichioides* и *F. poae* - продуцентов наиболее опасных микотоксинов, тогда как эндофиты с невысокой степенью проявления антагонизма к грибам этого рода незначительно влияли на видовую структуру популяции [Кутлубердина, Хайруллин (Kutluberdina, Khayrullin), 2009]. Был выявлен интересный факт об ускорении *in vitro* образования макроконидий *F. avenaceum* и *F. sporotrichioides* в двойных культурах с высоко антагонистичным к фузариям эндофитом, а также антибиотиками итурином и сурфактином [Кутлубердина (Kutluberdina), 2010].

Сотрудники лаборатории биотехнологии БГАУ тесно работали с преподавателями кафедры «Сельскохозяйственные машины», ставя инженерам задачу равномерной предпосевной обработки зерна биопрепаратами в щадящем режиме как для семян, так и микроорганизмов. Так появился барабанный протравливатель для предпосевной обработки семян биопрепаратами [Камалетдинов и др. (Kamaletdinov et al.), 2009], теоретическое обоснование и конструкция которого изложены в диссертационной работе М.Х. Байгускарова [(Bajguskarov), 2011]. Разработанные на кафедре «Сельскохозяйственные машины» барабанные протравливатели ПСБ-1,5, ПСБ-4 и ПСБ-10 были внедрены в хозяйствах Благовещенского, Благоварского, Илишевского и Дюртюлинского районов Башкирии

Одно из новых направлений исследований уфимской научной школы эндофитологов было сформировано на основе выбора новых растительных объектов – гороха и фасоли, как потенциальных «хозяев» не только ризобий, но и других видов бактерий. Одни из результатов этих работ отражены в диссертационных исследованиях Д.В. Гарифуллиной (Шавалеевой) [(Garifullina) 2012]. В корнях растений гороха были выявлены не клубеньковые бактериальные эндофиты различных видов, частота распространения которых составляла не менее 60%. Эти эндофиты влияли на формирование бобово-ризобиального симбиоза, продуктивность растений и их устойчивость к корневым гнилям [Гарипова и др. (Garipova et al.), 2010]. С помощью рекомбинантного штамма *Serratia sp.* с геном зеленого флуоресцирующего белка был выявлен один из путей колонизации тканей корней гороха эндофитами. Выделены и охарактеризованы также новые эндофитные штаммы бактерий *Rh. Leguminosarum* bv.

viceae, а также родов *Pseudomonas* и *Serratia* с хозяйственно полезными свойствами [Гарифуллина (Garifullina), 2012].

Выдвинутые нами предположения, приведенные выше, наиболее полно подтвердились комплексными исследованиями А.А. Егоршиной, изучавшей свойства семнадцати штаммов бацилл, из которых пятнадцать были выделены и охарактеризованы впервые. Один из выводов по результатам работы этого автора звучал так: «Повышение урожайности с.-х. культур и их устойчивости к болезням при инокуляции растений эндофитными штаммами *B. subtilis* происходит благодаря комплексу их полезной биологической активности, в том числе: способности стимулировать рост растений, растворять неорганические фосфаты, повышая их подвижность в почве, продуцировать органические кислоты, хелатирующие ионы микроэлементов, проявлять антагонизм к фитопатогенным грибам и повышать устойчивость растений к действию их фитотоксинов, избирательно влиять на рост различных видов ассоциативных и симбиотических азотфиксирующих бактерий» [Егоршина (Egorshina), 2012].

Параллельно изучению биохимических механизмов взаимоотношений эндофитов и растений в лаборатории биотехнологии БГАУ исследовались физиологические и экологические аспекты формирования как сообщества растение-эндофит, так и консорциумов микроорганизмов. Удачными объектами в этом направлении стали бобовые – горох и фасоль. Многочисленные эксперименты на протяжении нескольких лет как *in vitro*, так и в полевых условиях, проведенные д.б.н. С.Р.Гариповой, позволили установить, что состав неризобияльных эндофитов бобовых формируется благодаря естественной селекции их по отношению как к ризобиям, так и к растению на основе нейтрализма или мутуализма. Был сделан вывод: для создания эффективных препаратов, повышающих устойчивость и продуктивность бобовых культур, выбор эндофитных штаммов бактерий должен основываться на их способности компенсировать свойства растения, не позволяющие ему формировать высокую продуктивность и/или устойчивость к стрессам [Гарипова (Garipova), 2009]. Аналогично негативному действию на растения эндофитов - суперпродуцентов антибиотиков, обнаружилось негативное на рост бобовых действие и бактерий, продуцирующих в больших количествах ИУК [Иванчина и др. (Ivanchina et al.), 2018]. Были выявлены эндофиты, способные утилизировать гербицид 2,4-Д в растительных тканях, что открывало возможность использования таких бактерий для борьбы с загрязнением агроценоза этим

экотоксикантом. Одним из важных результатов было установление необходимости прецизионного подбора эндофитов для создания многокомпонентных полифункциональных препаратов с учетом характера межмикробных отношений, генетических особенностей сорта, а также действия лимитирующих факторов среды. Исследования д.б.н. С.Р. Гариповой были начаты в лаборатории биотехнологии БГАУ, затем продолжены в БашГУ.

Также работы, начатые в БГАУ З.М. Курамшиной и Ю.В. Смирновой, были продолжены в Стерлитамакском филиале БашГУ. В Стерлитамаке работы по изучению свойств эндофитов проводились в двух направлениях (с 2010 г. - совместно с сотрудниками лаборатории биохимии иммунитета растений ИБГ УФИЦ РАН). Одно из них было посвящено выявлению способности эндофитов повышать устойчивость растений к тяжелым металлам. Ю.В. Смирнова показала, что инокуляция растений эндофитами *B. subtilis* 26Д и 11ВМ оказывает протекторный эффект при токсическом действии солей кадмия, свинца и никеля на растительный организм. Такое действие связано с увеличением в растительных тканях активности каталазы и пероксидазы, содержания фенольных соединений, глутатиона и фитохелатинов, а одним из интегральных показателей защитного действия эндофитов на растения пшеницы при стрессе может служить уменьшение содержания в растительных тканях малонового диальдегида. Впервые была выявлена способность указанных бактерий накапливать в клетках кадмий. Удалось выявить ограничение поступления кадмия и свинца в растения под влиянием исследованных штаммов бактерий благодаря активации лигнификации клеточных стенок корней [Курамшина и др. (Kuramshina et al.), 2013; Курамшина, Смирнова (Kuramshina, Smirnova), 2014].

Д.б.н. З.М. Курамшиной впервые среди отечественных исследователей стали изучаться некоторые механизмы взаимоотношений эндофитов в тройной системе растение-эндофит-микоризные грибы. При этом основное внимание уделялось устойчивости растений к абиотическим стрессовым факторам [Курамшина (Kuramshina), 2015]. Кроме того, Зия Мухтаровна получила новые данные об особенностях взаимоотношений эндофитных бацилл (*B. subtilis* 26Д и 11ВМ) с водорослями. Оказалось, бациллы способны ограничивать размножение клеток *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda* в агрофитоценозах, и этот эффект проявляется из-за способности эндофитов синтезировать низкомолекулярные липопептидные антибиотики [Курамшина, Хайруллин (Kuramshina, Khairullin), 2013]. Мы полагаем, что наш фундаментальный интерес к реакциям растений в сообществе с эндофитными бактериями и микоризными

грибами был развит в практическом направлении ООО НВП «БашИнком» после выполнения по заказу этого предприятия экспериментальных работ под руководством З.М. Курамшиной, а также обучения ею специалистов этого предприятия методам изучения микоризообразующих грибов. Впоследствии ООО НВП БашИнком стал производить препарат Кормилица Микориза [Уракова, Сатаева (Urakova, Sataeva), 2023].

С 2011 г. масштабные исследования взаимоотношений растений и эндофитов полностью прекратились в БГАУ и «перетекли» в лабораторию биохимии иммунитета растений ИБГ УФИЦ РАН. Работы стали выполняться на более высоком методическом уровне с привлечением методов молекулярной биологии и геномной инженерии. Здесь можно привести еще и третий «спиральный круг» исследований эндофитов в ИБГ УФИЦ РАН, относящийся к работе заведующего тогда еще (1997 г.) Отделом биохимии и цитохимии УНЦ РАН д.б.н., профессора, академика Академии наук Республики Башкортостан В.А. Вахитова [Смирнов и др. (Smirnov et al.), 1997]. Необходимо отметить, что поддержка Венером Абсатаровичем привнесенных из БГАУ научных идей и планов, расширение им материальной базы лаборатории биохимии иммунитета растений позволили далее развить теоретические и экспериментальные работы по изучению эндофитных бактерий. Здесь же следует особо подчеркнуть и роль заведующего лабораторией д.б.н., профессора Игоря Владимировича Максимова в развитии направлений работ, как практического характера с целью «конструирования» новых эндофитов [Максимов и др. (Maksimov et al.), 2020], так и фундаментального [Maksimov et al., 2023] для поиска новых способов

использования этих микроорганизмов, опять же, с практической целью.

Исследования велись в нескольких направлениях, но основными стали изучение инсектицидной и антивирусной активностей эндофитов [Maksimov et al., 2020; Sorokan et al., 2020]. Расширился круг растений-хозяев для поиска новых штаммов эндофитов [Благова и др. (Blagova et al.), 2014], для комплексной защиты растений изучались многокомпонентные препараты на основе эндофитов с фунгицидной, инсектицидной и антивирусной активностями [Хайруллин и др. (Khairullin et al.), 2018]. Детально стали исследоваться метаболиты эндофитных бактерий [Нафикова и др. (Nafikova et al.), 2018]. Были созданы новые рекомбинантные штаммы эндофитов с целью изучения возможности создания препарата на основе одного штамма с комплексной биологической активностью [Maksimov et al., 2020]. Отдельным направлением стало изучение совместного действия на растения эндофитов и сигнальных молекул - салициловой и жасмоновой кислот [Абизгильдина и др. (Abizgil'dina et al.), 2010; Веселова и др. (Veselova et al.), 2014], затем хитина и хитозана [Яруллина и др. (Jarullina et al.), 2023].

Были защищены еще несколько диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (Т.В.Нужная, С.Д. Румянцев, Е.Р.Сарварова), в которых уделялось внимание биологической активности эндофитных бактерий. Если до 2010 г. публикации сотрудников лаборатории биохимии иммунитета растений, посвященные изучению эндофитов, были спорадическими, то их доля в тематике исследований возросла к 2022 г. почти до 70% (рис. 2).

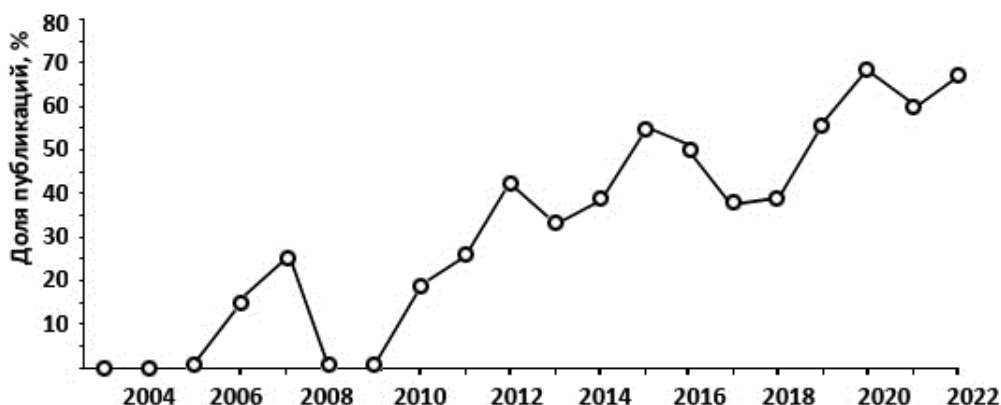


Рисунок 2 Доля публикаций, посвященных исследованию эндофитных бактерий, в объеме всех опубликованных работ сотрудников лаборатории биохимии иммунитета растений УФИЦ РАН за 2003-2022 гг. (по данным базы elibrary.ru)

Fig. 2 The share of publications related to the study of endophytic bacteria in the quantity of all published articles of scientists of the Laboratory of Plant Immunity Biochemistry of the UFRC RAS for 2003-2022 (according to the database elibrary.ru)

Существенный вклад в поиск и выделение новых эндофитных штаммов бактерий сотрудниками лаборатории биотехнологии БГАУ внесла к.б.н. Нурия Анасовна Уразбахтина. Создание же обширной коллекции чистых культур эндофитных бактерий в БГАУ, производство экспериментальных препаратов стало возможным, без преувеличения, благодаря золотым рукам инженера-микробиолога Ралины Шамилевны Захаровой, влившейся в январе 2004 г. в молодой коллектив исследователей лаборатории. Ралина Шамилевна обучила сотрудников и аспирантов безопасным методам работы с микроорганизмами, культивирования бактерий в биореакторах, хранения и поддержания культур. Вместе с аспирантами она дежурила в университете в ночные смены при наработке экспериментальных препаратов. В лаборатории мы все называли ее «мамой» новых эндофитов. К сожалению, Ралина Шамилевна рано ушла из жизни (июнь 2010 г.).



Инженер-микробиолог Ралина Шамилевна
Захарова. Декабрь 2006 г.
Engineer-microbiologist Ralina Shamilevna
Zakharova. December 2006

Как мы отмечали выше, благодаря активности и широте взглядов директора ООО «Биофорт» Р.Р. Камалетдинова коллектив этого МИП и лаборатории биотехнологии БГАУ тесно сотрудничали с преподавателями кафедр животноводческого профиля. По согласованию со специалистами ДП «Биофаг» ГУП «Иммунопрепарат» Ф.А. Байгузиной, Т.Н. Кузнецовой, Р.Ш. Захаровой - авторов бактерии *B. subtilis* штамма 11В, вначале предлагавшегося как основа препарата для защиты растений (заявка №2001104332/13 на патент РФ от 19.02.2001 г.) [Байгузина Ф.А. и др. (Bajguzina F.A. et al.), 2003], затем препарата для животных (заявка №2001109013/13 на патент РФ от 05.04.2001) [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 2002a], ООО «Биофорт» разработало и произвело на основе

указанного штамма вначале жидкий пробиотик под названием «Витафорт», а затем и новую сухую форму препарата «Витафорт-комби» на частицах полисорба.

Следует отметить, что указанный штамм, согласно патенту РФ №2182172, был «выделен из здорового растения пшеницы в Уфимском районе», т.е. также является эндофитом [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 2002б]. Вероятно, поэтому по аналогии со штаммом *B. subtilis* 26Д, на основе которого препарат фитоспорин начал активно применяться в растениеводстве, авторы штамма 11В *B. subtilis* вначале запатентовали его в составе биопрепарата для защиты растений от грибных и бактериальных болезней [Байгузина Ф.А. и др. (Bajguzina F.A. et al.), 2003]. Не исключено, что название первоначального на основе указанного штамма бактерии пробиотика **витаспорин** [Байгузина С.Н. (Bajguzina S.N. et al.) и др., 2003] также связано с названием препарата **фитоспорин**.

Интересно, что в отношении использования штамма *B. subtilis* 11В в составе разных пробиотиков – витаспорин [Байгузина С.Н. и др. (Bajguzina S.N. et al.), 2003], витафорт [Башаров, Хазиахметов (Basharov, Khaziakhmetov), 2009], ветоспорин и ветоспорин-актив [Токарев, Блинецов (Tokarev, Bliznetsov), 2018], споровит-комплекс [Андреева и др. (Andreeva et al.), 2015] прослеживается аналогия с историей изучения и практического применения штамма *B. subtilis* 26Д в препаратах с разными названиями: хлопкоспорин [Султанова (Sultanova), 2016], фитоспорин [Менликиев и др. (Menlikiev et al.), 1996], субтилбен [Султанова и др. (Sultanova et al.), 2009; Ураков, Султанова (Urakov, Sultanova), 2021]. Более того, штамм *B. subtilis* 26Д, вероятно именуемый в Таджикистане как BS TJ Д26, предлагается использовать не только в составе препаратов для защиты растений, но и пробиотиков для профилактики и лечения животных и пчел, правда в комплексе с бактериями *B. subtilis* BS TJ09 и BS TJ Д24 [Саидов (Saidov), 2012]. Штамм BS TJ Д26 вошел также в состав препарата лактисубтил [Хасанов, Мирзаев (Hasanov, Mirzaev), 2013]. На наш взгляд это объясняется тем, что оба штамма *B. subtilis* - 26Д и 11В - обладают множеством полезных свойств, прежде всего безопасностью и стабильностью для практического применения препаратов на их основе.

В основе создания пробиотиков на основе эндофитной бактерии *B. subtilis* 11В и детальных исследований их свойств лежит диссертационная работа С.Н. Байгузиной [(Bajguzina), 2004], в автореферате которой сообщалось: «... Создан новый препарат - пробиотик «Витаспорин» сухой, показана его эффективность в комплексном лечении зоонозной трихофитии в опытах на экспериментальных животных...». Однако опыты проводились на

лабораторных крысах и мышах, при этом в дальнейшем планировались клинические испытания для использования пробиотика в медицине.

Производственный опыт Р.Ш. Захаровой, а также тесное сотрудничество с преподавателем факультета ветеринарной медицины к.в.н. Р. Н.Файрушиным дали возможность ООО «Биофорт» в короткие сроки провести в 2008 г. испытания применения препарата витафорт на сельскохозяйственных животных различных видов в Кармаскалинском, Дюртюлинском, Илишевском районах, а также на птице в условиях ППС «Знаменский» Белебеевского района Республики Башкортостан.

Начало масштабных исследований в БГАУ действия указанных и других пробиотиков на основе бактерии 11В *B. subtilis* на различные сельскохозяйственные животные и птицу связано с исследованиями А.А. Башарова [Башаров (Basharov), 2011] под руководством профессора Ф.С. Хазиахметова [Башарова, Хазиахметов (Basharov, Khaziakhmetov), 2009; 2010]. Затем действие на животных препаратов, содержащих в составе штаммы 11В и 12В *B. subtilis*, стало активно исследоваться другими сотрудниками БГАУ [Семерикова, Миронова (Semerikova, Mironova), 2013; Валитова и др. (Valitova et al.), 2014; Юмагулова (Jumagulova), 2014; Шарипова, Хазиев (Sharipova, Khaziyev), 2015; Токарев, Близнцов (Tokarev, Bliznetsov), 2018; Курчаева и др. (Kurchaeva et al.), 2019].

При сравнении историй появления и изучения двух пробиотических штаммов *B. subtilis* 11В и 12В – основ современных коммерческих препаратов споровит, ветоспорин, витаспорин, первым в качестве лечебного средства для животных был апробирован и запатентован штамм 12В [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 2001]. Испытания препарата на основе этого штамма были проведены на животноводческом комплексе ОСК «Алимово» Актанышского района Татарстана (место связано с родиной Р.Ш. Захаровой) для профилактики и лечения телят и поросят. Согласно цитируемым выше авторам - «...Штамм *Bacillus subtilis* 12 В-ДЕП выделен из компоста в Уфимском районе».

Сравнительная эффективность препарата на основе только одного штамма (споровит, штамм *B. subtilis* 12В) и обоих (ветоспорин – *B. subtilis* 11В и 12В) была изучена А.В. Андреевой и О.Н. Николаевой [Andreeva, Nikolaeva), 2017]. Авторы выявили, что количество жизнеспособных клеток золотистого стафилококка, энтерококков и клостридий в желудочно-кишечном тракте поросят при кормлении пробиотиком споровит в течение шестидесяти дней уменьшалось быстрее в сравнении с применением пробиотика ветоспорин. Ветоспорин

активнее действовал на популяцию дрожжеподобных грибов, эффективнее уменьшая их количество в сравнении со споровитом. Это логично объясняется тем, что изначально бактерия *B. subtilis* 12В была определена как перспективная основа препаратов для лечения животных [Байгузина и др. (Bajguzina et al.), 2001], а бактерия *B. subtilis* 11В при наличии свойств подавлять возбудителей болезней как животных, так и растений, все же предпочтительно должна была использоваться для борьбы с болезнями растений [Байгузина Ф.А. и др. (Bajguzina F.A. et al.), 2003], основными возбудителями которых являются грибные микроорганизмы.

Добавим, что после публикации С.Н. Байгузиной [(Bajguzina S.N.), 2003] «Перспектива использования препарата **витаспорин** как антагониста патогенных грибов» в 2010 г. вышла публикация белорусских авторов, в названии которой указан пробиотик **ветоспорин** [Журба и др. (Zhurba et al.), 2010], разработанный белорусскими учеными, в состав которого входили два штамма бацилл *B. subtilis* 9/9 SD и *B. subtilis* 11-10 [Руколь (Rukol'), 2013].

Сотрудничество лаборатории биотехнологии БГАУ с преподавателями кафедры пчеловодства (профессор В. Р. Туктаров), а также уже имевшаяся информация о пробиотических свойствах штамма *B. subtilis* 11В позволили нам выдвинуть идею создания на основе эффективных штаммов бацилл препаратов и для лечения пчел. Так появился первый в Башкирии микробиологический препарат под названием «Апифорт», производным от названия разработчика ООО «Биофорт» [Туктаров и др. (Tuktarov et al.), 2009] (дата подачи заявки на патент 08.08.2007 г.). Вероятно, впоследствии на основе полученных коллективом сотрудников БГАУ практических результатов при изучении свойств штамма *B. subtilis* 11В по отношению к патогенам пчел ООО НВП «БашИнком» начал выпускать препарат под названием «Ветоспорин-Ж СпасиПчел», также включающий штамм *B. subtilis* 11В [Гайфуллина и др. (Gaifullina et al.), 2016].

Отметим, что в 2013 г. Мишуковская с соавт. [(Mishukovskaya et al.), 2013] сообщали, «...Впервые (2011-2012 гг., примечание наше) в природно-климатических условиях Южного Урала и Поволжья изучено влияние подкормок с использованием микробиологических препаратов на хозяйственно полезные и продуктивные показатели пчёл». Однако следует уточнить, что еще до этой публикации в 2009 г. была опубликована заявка на патент РФ №2380406 на изобретение средства на основе штамма *B. subtilis* 11В для стимуляции физиологических функций у пчел и защиты их от инфекционных заболеваний [Туктаров и др. (Tuktarov et al.), 2009], а затем и сам

патент [Туктаров и др. (Tuktarov et al.), 2010], в основе которого лежали результаты успешных испытаний препарата на основе этого штамма, проведенные еще в 2007 г. До разработки препарата «Апифорт» использование штаммов *B. subtilis* 26Д, 11В, 12В для профилактики и лечения болезней пчел нам не были известны.

Выдвинутая нами идея использования бактерий-антагонистов, как основы пробиотиков для лечения болезней пчел, впоследствии вызвала интерес также и у сотрудников лаборатории биохимии адаптивности насекомых ИБГ УФИЦ РАН [Гайфуллина и др. (Gaifullina et al.), 2017].

Заключение

Анализ сведений, имеющихся в научной литературе, и наши практические работы в области изучения эндофитных бактерий позволяют смело говорить об уфимской научной школе эндофитологов, у истоков создания которой стоял профессор Магдан Янфаевич Менликиев. Начало масштабным системным фундаментальным исследованиям в Уфе эндофитных бактерий и их взаимоотношений с растениями было положено сотрудниками лаборатории биотехнологии Башкирского ГАУ в 2000 г. Выделение новых штаммов эндофитов в чистые культуры и видовая идентификация бактерий в этой лаборатории, детальное изучение их свойств и создание новых экспериментальных биопрепаратов были бы невозможны без золотых рук инженера-микробиолога Ралины Шамильвны Захаровой.

Наличие множества полезных свойств эндофитных бацилл *B. subtilis* 26Д и 11В, их уникальность позволяет использовать на практике препараты на основе первого штамма уже 35 лет, на основе второго – не менее 22 лет! Удивляет разнообразие объектов возможного применения различных форм препаратов этих эндофитов – для лечения и профилактики болезней растений, с.-х. животных, птицы и пчел, а также хранения урожая с.-х. культур.

Несмотря на более чем двухвековую историю изучения эндофитных грибов и бактерий наблюдается неуклонный рост интереса микробиологов и физиологов растений к этим микроорганизмам как в фундаментальном, так и в практическом аспектах.

Благодарности. Автор благодарит д.б.н., профессора И.В. Максимова, д.б.н.: С.Р. Гарипову, З.М. Курамшину, д.-с.х.н. М.Х. Султанову, к.б.н.: О.В. Ласточкину, Л.И. Пусенкову за предоставленную информацию и обсуждение рукописи статьи.

Литература

1. Абизгильдина Р.Р., Бурханова Г.Ф., Максимов И.В. Влияние *Bacillus subtilis* 26Д и салициловой

кислоты на устойчивость пшеницы к септориозу // Сборник тезисов Всероссийского симпозиума «Растение и стресс». М.: ИФР им. К.А. Тимирязева РАН, 2010. С. 23-24.

2. Абизгильдина Р.Р. Индукция защитной системы пшеницы и картофеля эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* 26Д. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2012. 17 с.

3. Андреева А.В., Николаева О.Н., Кадырова Д.В., Алтынбекова О.М. Коррекция микробиоценоза кишечника новорожденных телят // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины Им. Н.Э. Баумана. 2015. Т.222. №2. С.16-18.

4. Андреева А.В., Николаева О.Н. Пробиотическая поддержка микробиоты желудочно-кишечного тракта // Российский электронный научный журнал. 2017. №3(25). С.112-121.

5. Байгузина С.Н., Кузнецова Т.Н., Байгузина Ф.А. Перспектива использования препарата Витаспорин как антагониста патогенных грибов // Сборник тезисов IV Российского съезда врачей инфекционистов. СПб, 2003. С. 36.

6. Байгузина С.Н. Разработка нового препарата - пробиотика «Витаспорин» и изучение его биологических свойств. Автореф. дисс. канд. мед. наук. Уфа, 2004. 28 с.

7. Байгузина Ф.А., Штрман Г.А., Кузнецова Т.Н., Байгузина С.Н. Способ получения препарата фитоспорин. Патент РФ № 2128914. Опубликовано 20.04.1999а.

8. Байгузина Ф.А., Штрман Г.А., Менликеев М.Я., Алсынбаев М.М. Биопрепарат фитоспорин жидкий для защиты растений от болезней. Патент РФ № 2129375. Опубликовано 27.04.1999б.

9. Байгузина Ф.А., Кузнецова Т.Н., Баданова С.С. Лечебно-профилактический биопрепарат. Патент РФ №2172175. Опубликовано: 20.08.2001. Бюл. №23.

10. Байгузина Ф.А., Алсынбаев М.М., Штрман Г.А., Кулагин В.Ф., Осипова И.Г., Байгузина С.Н. Лекарственный препарат из бактерий рода *Bacillus*. Патент РФ №2181596. Опубликовано 27.04.2002а. Бюл. №12.

11. Байгузина Ф.А., Кузнецова Т.Н., Байгузина С.Н. Штамм бактерий *Bacillus subtilis*, обладающий широким спектром антагонистической активности. Патент РФ №2182172. Опубликовано: 10.05.2002б. Бюл. №13.

12. Байгузина Ф.А., Кузнецова Т.Н., Захарова Р.Ш., Кулагин В.Ф. Биопрепарат для защиты растений от грибных и бактериальных болезней. Патент РФ №2201678. Опубл. 10.04.2003. Бюл. №10.

13. Байгускаров М.Х. Совершенствование барабанного протравливателя для предпосевной

- обработки семян биопрепаратами. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Уфа, 2011. 17 с.
14. Башаров А.А., Хазиахметов Ф.С. Продуктивная оценка пробиотиков нового поколения «Витафорт» // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009». Уфа, 2009. С.18-20.
 15. Башаров А.А., Хазиахметов Ф.С. Использование пробиотиков серии «Витафорт» при выращивании телят молочного периода // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2010. №1. С.23-25.
 16. Башаров А.А. Рост и развитие телят молочного периода при использовании пробиотиков серии «Витафорт». Автореф. канд. с-х. наук. Уфа, 2011. 21 с.
 17. Благова Д.К., Сарварова Е.Р., Хайруллин Р.М. Выделение и характеристика бактериальных эндофитов моркови (*Daucus carota* L. var. *sativus*) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. Т.174. №13. С. 10-12.
 18. Валитова А.А., Миронова И.В., Исламова М.М. Эффективность использования пробиотической добавки «Ветоспорин-актив» при производстве молока // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. №1(29). С. 45-50.
 19. Васильев Р.А., Черникович В.Ю., Евтеева М.А., Сахаров Д.А., Патрушев М.В. Синтетическая биология. Современное состояние и применение // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2021. Т.39. №1. С.18-30 DOI: 10.3103/s0891416821010079.
 20. Веселова С.В., Нужная Т.В., Максимов И.В. Влияние эндофитной бактерии *Bacillus subtilis* 26Д, салициловой и жасмоновой кислот на содержание гормонов в проростках пшеницы, инфицированных *Septoria nodorum* Berk // В сборнике: Мир науки глазами современной молодежи. Материалы Всероссийской научной конференции. 2014. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. С. 128-133.
 21. Гайфуллина Л.Р., Салтыкова Е.С., Матниязов Р.Т., Николенко А.Г. Оптимальные условия применения пробиотиков в качестве адаптогенов на основе анализа иммунного статуса медоносной пчелы // Биомика. 2016. Т.8. №2. С.76-81.
 22. Гайфуллина Л.Р., Салтыкова Е.С., Николенко А.Г. Молочнокислые пробиотические бактерии в меде // Пчеловодство. 2017. №7. С.50-52.
 23. Галлямов Ф.Н., Камалетдинов Р.Р., Кинзягулов Р.Ф., Хайруллин Р.М. Термоконтейнер для хранения и транспортировки биопрепаратов. Патент РФ №2495340. Оpubл. 10.10.2013. Бюл. №28.
 24. Гарипова С.Р. Развитие методологических подходов к разработке микробных препаратов для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных растений // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. №S10. С. 437-439.
 25. Гарипова С.Р., Гарифуллина Д.В., Маркова О.В., Иванчина Н.В., Хайруллин Р.М. Изучение бактериальных ассоциаций эндофитов клубеньков, способствующих увеличению продуктивности бобовых растений // Агрехимия. 2010. №11. С. 50-58.
 26. Гарифуллина Д.В. Эндофитные бактерии растений гороха как активный компонент бобово-ризобияльной симбиотической системы. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2012. 24 с.
 27. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами - основа жизни растений. М: Изд-во МСХА, 1990. 133 с.
 28. Гилязетдинов Ш.Я., Нугуманов А.Х., Пусенкова Л.И. Эффективность антистрессовых препаратов и биофунгицидов в системе защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных абиотических и биотических факторов. Уфа: Гилем, 2008. 372 с.
 29. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды (по состоянию на 17 октября 2023 г.). М.: Минсельхоз России. 2023. С.856-865
 30. Губин А.С., Бессонова А.В., Зудилин О.Е. Клубеньковые бактерии // Наука и Образование. 2023. Т.6. №1.
 31. Егоршина А.А., Хайруллин Р.М., Лукьянцев М.А., Курамшина З.М., Смирнова Ю.В. Фосфат-мобилизующая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* и их влияние на степень микоризации корней пшеницы // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2011. Т.4. №2. С.172-182.
 32. Егоршина А.А. Биологическая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis*, перспективных в качестве основы новых препаратов для растениеводства. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Саратов, 2012. 24 с.
 33. Журба В.А., Лабкович А.В., Веремей Э.И. Гематологический статус коров при лечении гнойных пододерматитов пробиотиком «Ветоспорин» для наружного применения // Ученые записки УО ВГАВМ. 2010. Т. 46. Вып. 2. С.26-28.
 34. Ибрагимов Р.И., Марданшин И.С., Ахметов Р.Р., Зайнутдинова Г.Ф., Пусенкова Л.И. О механизме действия экологически безопасных препаратов, применяемых в растениеводстве // Башкирский экологический вестник. 1999. №4. С.26-28.

35. Иванчина Н.В. Эффект комбинированной обработки гороха *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 1078 и эндофитными штаммами *Bacillus subtilis* в различных почвенно-экологических условиях // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов. Уфа, 2008. С. 42-44.
36. Иванчина Н.В., Гарипова С.Р., Хайруллин Р.М. Возможные механизмы фитогормональной стимуляции роста растений эндофитными бактериями // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. №S10. С. 446-448.
37. Иванчина Н.В., Сахабутдинова А.Р. Изменение гормонального баланса корней растений гороха при инокуляции *Bacillus subtilis* автономно и в сочетании с *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* 1078 // Симбиоз Россия-2009. Материалы II Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов. Пермь, 2009. С. 29-31.
38. Иванчина Н.В., Гарипова С.Р., Хайруллин Р.М. Влияние дозы клеток эндофитных штаммов *Bacillus subtilis*, продуцирующих индолил-3-уксусную кислоту, на рост и продуктивность гороха (*Pisums ativum*L.) // Агрехимия. 2018. № 4. С. 39-44. DOI: 10.7868/S0002188118040051
39. Камалетдинов Р.Р., Хайруллин Р.М., Хасанов Э.Р., Сираев Р.Х. Устройство для протравливания семян. Патент РФ №2346422. Оpubл. 20.02.2009. Бюл. №5.
40. Каримов К.Х. Эндофитные бактерии и использование их в защите хлопчатника от болезней в северных районах Таджикистана. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.с.-х.н. Ташкент, 1993. 25 с.
41. Козачко И.О. Эндофитный штамм *Bacillus subtilis* 26Д - основа микробиологического засобузахисту рослин. Автореферат дисертации на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук. Київ, 1997. 24 с.
42. Курамшина З.М., Смирнова Ю.В., Хайруллин Р.М. Протекторный эффект эндофитных штаммов бактерий при токсическом действии ионов кадмия на растения *Sinapis alba* // Вестник Башкирского университета. 2013. Т.18. №3. С.739-742.
43. Курамшина З.М., Хайруллин Р.М. Влияние эндофитных штаммов бактерий *Bacillus subtilis* на число клеток зеленых водорослей в монокультуре // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 4. С. 604-608. DOI:10.7868/S0015330313040088
44. Курамшина З.М., Смирнова Ю.В. Влияние *Bacillus subtilis* на рост и активность антиоксидантных ферментов растений *Triticum aestivum* при Cd-стрессе // Вестник Башкирского университета. 2014. Т.19. №3. С.835-839.
45. Курамшина З.М. Эндомикоризный симбиоз в агроэкосистемах. Стерлитамак: Стерлитамакский филиал БашГУ, 2015. 148 с.
46. Курамшина З.М., Смирнова Ю.В., Хайруллин Р.М. Видовая отзывчивость сельскохозяйственных культур на инокуляцию семян клетками эндофитных бактерий *B. subtilis* // Научная жизнь. 2019. Т.14. №3(91). С.279-287.
47. Курчаева Е.Е., Вострилов А.В., Максимов И.В. Оценка экономической эффективности применения пробиотиков в отрасли кролиководства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №7(97). С.144-145.
48. Кутлубердина Д.Р., Хайруллин Р.М. Видовой состав и зараженность разных фракций зерна пшеницы грибами рода *Fusarium* Link в южной лесостепи Республики Башкортостан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2008. Т. 3. №4(10). С. 90-95.
49. Кутлубердина Д.Р., Хайруллин Р.М. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* на численность и видовой состав фитопатогенных грибов рода *Fusarium* // Иммунопатология, аллергология, инфектология: Материалы Междисциплинарного микологического форума. М. 2009. №1. С.89-90.
50. Кутлубердина Д.Р. Антагонистические штаммы *Bacillus subtilis* Cohn как агенты биоконтроля грибов рода *Fusarium*. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Саратов, 2010. 24 с.
51. Ласточкина О.В., Ильясова Е.Ю., Широков А.В., Пусенкова Л.И. Влияние бактерий *Bacillus subtilis* 10-4 и 12-2 на содержание пролина в проростках пшеницы в норме и при солевом стрессе // В сборнике: Актуальные проблемы биохимии и бионанотехнологии. IV Международная научная Интернет-конференция: материалы конференции в 2 томах. Сервис виртуальных конференций Рах Grid; ИП Синяев Дмитрий Николаевич. 2013. С. 163-166.
52. Максимов И.В., Хайруллин Р.М., Сорокань А.В. Способ восстановления антагонистической активности эндофитного штамма *Bacillus subtilis* 26Д ВНИИСХМ 128. Патент РФ №2595431. Оpubл. 27.08.2016. Бюл. №24.
53. Максимов И.В., Благова Д.К., Сарварова Е.Р., Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Сорокань А.В., Черепанова Е.А., Румянцев С.Д., Хайруллин Р.М. Штамм бактерий *Bacillus subtilis* с комплексной биологической активностью. Патент РФ №2733132. Оpubл. 29.09.2020. Бюлл. №28.
54. Максимов И.В., Шейн М.Ю., Бурханова Г.Ф. РНК-интерференция в защите растений от грибной и

- оомицетной инфекции // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т.59(3). С.219-234. DOI: 10.31857/S0555109923030133
55. Менликиев М.Я. Фузариозное увядание тонковолокнистого хлопчатника и изучение штаммов *Fusarium vasinfectum* Алк., как возбудителя болезни в условиях Вахшской долины. Известия АН Таджикской ССР. Отделение биологических наук. 1962. Вып. 4(11). С. 48-59.
56. Менликиев М.Я., Ваньянц Г.М., Смирнов В.В., Резник С.Р., Вьюницкая В.А., Султанова М.Х., Шарипова Н.У., Каримов К., Резванула Н., Чаплинский В.Е., Козачко И.А., Джумаев А. Хлопкоспорин - новый биологический препарат для защиты хлопчатника от болезней. Информационный листок. Душанбе: Тадж. НИИНТИ, сер.68-35, №63-92, 1992. 2 с.
57. Менликиев М.Я., Недорезков В.Д., Ваньянц Г.М., Минеев М.И., Смирнов В.В., Байгузина Ф.А., Сорокулова И.Б., Султанова М.Х., Каримов К.Х. Фитоспорин. Рекомендация. Уфа: ГП НПО «Иммунопрепарат», 1996. 24 с.
58. Менликиев М.Я., Байгузина Ф.А., Пусенкова Л.И., Сорокулова И.Б. Биологическая иммунизация растений эндофитными бактериями // В сборнике: Проблемы селекции и интенсификации земледелия в Башкортостане. Материалы научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, почетного академика АН РБ, профессора В.Х. Хангильдина. 1997. С. 75-76.
59. Менликиев М.Я., Максимов И.В., Недорезков В.Д., Хайруллин Р.М. Штамм бактерий *Bacillus subtilis* M1, обладающий фунгицидной и фунгистатической активностью по отношению к возбудителям болезней культурных растений. Патент РФ №2307158. Оpubл. 27.09.2007. Бюл. №27.
60. Мишуковская Г.С., Мурзабаев Н.Р., Кузнецова Т.Н. Хозяйственно-полезные признаки пчёл при использовании микробиологических препаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №3(41). С. 163-165.
61. Мубинов И.Г., Сахабутдинова А.Р., Хайруллин Р.М. Стимуляция роста проростков пшеницы и повышение в них уровня АБК и ИУК эндофитом *Bacillus subtilis* 26Д // Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарное оздоровление агроэкосистем» (5-10 декабря 2005 г., СПб.-Пушкин). СПб.-Пушкин, 2005. Т.1. С. 518-521.
62. Мубинов И.Г., Хайруллин Р.М. Изменение активности некоторых оксидаз при контакте пшеницы с эндофитом *Bacillus subtilis* 26Д // Материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарное оздоровление агроэкосистем». 5-10 декабря 2005 г., С.-Пб. – Пушкин). – СПб. - Пушкин, 2005. Т.1. С.521-523.
63. Надери Ризванулла. Эффективность биопрепарата хлопкоспорин в защите тонковолокнистого хлопчатника от болезней. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.с.-х.н. Ташкент, 1993. 25 с.
64. Нафикова А.Р., Сурина О.Б., Хайруллин Р.М., Максимов И.В. Влияние метаболитов штаммов 26Д и 11ВМ бактерии *Bacillus subtilis* на рост проростков и каллусов пшеницы // Агробиохимия. 2018. №5. С.39-44. DOI: 10.7868/S000218811805006X
65. Недорезков В.Д. Биологическое обоснование применения эндофитных бактерий в защите пшеницы от болезней на Южном Урале. Автореферат дисс. док. с.-х. наук. Санкт-Петербург - Пушкин. 2003. 25 с.
66. Пусенкова Л.И. Биологизация защиты картофеля от болезней в Республике Башкортостан. Автореферат дисс. канд. с.-х. наук. Курган, 2002. 24 с.
67. Руколь В.М. Технологические основы ветеринарного обслуживания молочного крупного рогатого скота с хирургическими болезнями в Республике Беларусь. Автореферат дисс. док. вет. наук. Санкт-Петербург, 2013. 39 с.
68. Саидов Ш. Х. Способ получения пробиотика субтилбен в форме таблеток и его профилактическая эффективность при сальмонеллезе телят. Автореф. дисс. канд. вет. наук. Душанбе, 2012. 23 с.
69. Сарварова Е.Р. Поиск новых свойств эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* Cohn. Автореферат дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2021. 22 с.
70. Семерикова А.И., Миронова И.В. Характеристика шкур бычков симментальской породы при кормлении препаратом «Ветоспорин суспензия» // Современные тенденции в образовании и науке. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком». 2013. Ч. 9. С. 111-112.
71. Смирнов В.В., Менликиев М.Я., Резник С.Р., Вьюницкая В.А., Ваньянц Г.М., Султанова, Джумаев А., Шарипова Н.У. Штамм бактерий *Bacillus subtilis* для получения препарата против заболеваний хлопчатника. Авторское свидетельство СССР №1717156. Оpubл. 07.03.1992.
72. Смирнов В.В., Сорокулова И.Б., Бережницкая Т.Г., Ваньянц Г.М., Менликиев М.Я., Недорезков В.Д., Минеев М.И., Вахитов В.А., Байгузина Ф.А. Биопрепарат фитоспорин для защиты растений от болезней. Патент РФ №2099947. Оpubл. 27.12.1997.
73. Султанова М.Х., Додов Н.Д., Фомина Т.М., Джалилов А.У., Мирзоев Т.К. Особенности действия биопрепарата субтилбен в борьбе с гоммозом

- средневолокнистого хлопчатника // Кишоварз. 2009. №1. С. 19-22.
74. Султанова М.Х. Разработка и применение экологически безопасных технологий защиты хлопчатника от комплекса вредоносных болезней в Таджикистане. Дисс. доктора биол. наук. Душанбе, 2016. С.9, 230-271.
75. Токарев И.Н., Близнецов А.В. Результаты использования пробиотиков Ветоспорин и Ветоспорин-актив в кормлении молодняка свиней // Международный академический вестник. 2018. №4(24). С. 56-57.
76. Туктаров В.Р., Кузнецова Т.Н., Мишуковская Г.С., Уразбахтина Н.А., Хайруллин Р.М. Способ использования суспензии бактерий штамма *Bacillus subtilis* 11В и его применение для повышения физиологических функций у пчел и защиты их от заболеваний // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности. ФИПС: Москва, 2009. Бюл. №5. 2007130428/13
77. Туктаров В.Р., Кузнецова Т.Н., Мишуковская Г.С., Уразбахтина Н.А., Хайруллин Р.М. Средство для стимуляции физиологических функций у пчел и защиты их от инфекционных заболеваний. Патент РФ №2380406 Оpubл. 27.01.2010. Бюл. №3.
78. Ураков Б.Э., Султанова М.Х. Динамика усыхания лимонов в различных зонах Таджикистана // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение биологических наук. 2021. №4(215). С.71-76.
79. Уракова А.В., Сатаева Л.В. Эффективность биопрепаратов производства НВП «Башинком» при возделывании зеленого лука // Российский электронный журнал. № 2(48). С. 196-206
80. Хайруллин Р.М., Мубинов И.Г., Максимов И.В., Юсупова З.Р. Особенности индуцированной элиситором продукции АФК инокулированными эндофитом корнями пшеницы // В сб: Индуцированный иммунитет сельскохозяйственных культур - важное направление в защите растений. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. С.С. Санина, В.А. Павлюшина. С-Пб, Пушкин: ВИЗР, 2006. С.60-62.
81. Хайруллин Р.М., Лукьянцев М.А., Уразбахтина Н.А. // Некоторые причины низкой эффективности использования высоко антагонистичных эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* в качестве основы биофунгицидов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. №3(17). С. 146-149.
82. Хайруллин Р.М., Сарварова Е.Р. К термину «эндофитные бактерии» // Вестник защиты растений. 2016. Т. 89. №3. С. 175-176.
83. Хайруллин Р.М., Максимов И.В., Благова Д.К., Сорокань А.В., Веселова С.В., Уразбахтина Н.А., Иргалина Р.Ш., Вахитова Р.К. Микробиологический состав для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и их защиты от вредителей и болезней. Патент РФ №2654569. Опубликовано: 21.05.2018. Бюл. №15.
84. Хасанов Н.Р., Мирзаев М.Н. Технология получения препарата лаксубтил в форме таблеток // Доклады ТАСХН. 2013. №4. С.43-46.
85. Шарипова А.Ф., Хазиев Д.Д. Влияние пробиотической добавки «Ветоспорин-актив» на эффективность выращивания цыплят-бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2015. Т.221. №1. С. 253-258.
86. Широков А.В., Ласточкина О.В., Юлдашев Р.А., Пусенкова Л.И. Оценка влияния новых штаммов *Bacillus subtilis* в комплексе с салициловой кислотой на микробное сообщество ризосферы и продуктивность растений картофеля // В сборнике: Биотехнология - от науки к практике. Материалы научных докладов участников Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны. Уфа: БашГУ, 2014. С. 199-201.
87. Юмагулова А.М. Использование пробиотиков витафорт, лактобифадол и ветоспорин при выращивании индюшат // Эволюция научной мысли. Сб. статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. Т.1. С.167-170.
88. Яруллина Л.Г., Калацкая Ж.Н., Черепанова Е.А., Еловская Н.А., Цветков В.О., Овчинников И.А., Бурханова Г.Ф., Рыбинская Е.И., Сорокань А.В., Герасимович К.М., Заикина Е.А., Николайчук В.В., Гилевская К.С., Марданшин И.С. Перспективы повышения биологической активности биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* и нанокмпозитов хитозана (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т.59. №5. С. 427-439. DOI:10.31857/S0555109923050185
89. Arnold A.E. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers // Fungal Biology Reviews. 2007. Vol. 21. No. 2-3. P. 51-66. DOI: 10.1016/J.FBR.2007.05.003
90. Bulgarelli D., Schlaeppli K., Spaepen S., van Themaat E. V. L., Schulze-Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants // Annual review of plant biology. 2013. V.64. P. 807-838. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106
91. Compant S., Sessitsch A., Mathieu F. The 125th anniversary of the first postulation of the soil origin of endophytic bacteria – a tribute to M.L.V. Galippe // Plant

- Soil. 2012. V.356. P.299-301. DOI: 10.1007/S11104-012-1204-9
92. Deckert R.J. Structural and ecological aspects of the relationship of phyllosphere fungi with their host, *Pinus strobus* L. Thesis PhD. 2000. P. 2-8.
93. Ekta K., Jitendra M., Kumar A.N. Multifaceted Interactions Between Endophytes and Plant: Developments and Prospects // *Front. Microbiol.* 2018. 9. DOI:10.3389/fmicb.2018.02732
94. Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A. The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes // *Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 2015. Vol. 79. Issue 3. P. 293-320. DOI: 10.1128/MMBR.00050-14
95. Harrison J.G., Griffin E.A. The diversity and distribution of endophytes across biomes, plant phylogeny, and host tissues - how far have we come and where do we go from here? // *Environmental Microbiology.* 2020. V. 22. No. 6. P. 2107-2123. DOI:10.1111/1462-2920.14968
96. Hartmann A., Rothballer M., Schmid M. Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research // *Plant and Soil.* 2008. V.312(1-2), 7-14. DOI 10.1007/s11104-007-9514-z
97. Klopper J.W., Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W.F. Bacterial endophytes in agricultural crops // *Can. J. Microbiol.* 1997. V. 43. No. 10. Pp. 895-914. DOI: 10.1139/m97-131
98. Lastochkina O., Il'yasova E., Shirokov A., Pusenkova L. Antifungal and growth stimulating activities of new *Bacillus subtilis* strains // *Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach.* 2012. V. 1. P. 96.
99. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M., Garipova S., Blagova D., Khairullin R., Aliniaiefard S. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity // *Plant Physiology and Biochemistry.* 2017. V.121. P. 80-88. DOI: 10.1016/J.PLAPHY.2017.10.020
100. Laxmipriya P., Kishore M.Y., Kumar P.S. Endophytic fungi with great promises: A Review // *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research.* 2013. V. 3. No. 3. P.152-170.
101. Link H.F. Report on the Progress of Physiological Botany. In: *Reports and Paper on Botany.* 1846. London: Ray Society. 420 P.
102. Maksimov I.V., Blagova D.K., Veselova S.V., Sorokan A.V., Burkhanova G.F., Cherepanova E.A., Sarvarova E.R., Rummyantsev S.D., Khayrullin R.M. Recombinant *Bacillus subtilis* 26DCryChS line with gene Btcry11a encoding Cry11a toxin from *Bacillus thuringiensis* promotes integrated wheat defense against pathogen *Stagonospora nodorum* Berk. and green bug *Schizaphis graminum* Rond // *Biological Control.* 2020. V. 144. P. 14. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104242
103. Patel A.V. Application techniques of endophytes. In: Desiree Jakobs-Schönwandt, Matthias Döring, Anant Patel (eds.). *Application Techniques of Endophytes.* Proceedings of a meeting held at the FH Bielefeld, Germany, 14-15 July 2014. P. 17-22. DOI: 10.13140/RG.2.1.2888.6249
104. Perotti R. On the limits of biological enquiry in soil science // *Proc. Int. Soc. Soil Sci.* 1926. V. 2. Pp. 146-161.
105. Petrini O. Fungal endophytes in tree leaves. In: *Microbial ecology of leaves,* Andrews J.H., Hirano S.S., eds., New York: Springer, New York. 1991. P. 179-197. DOI: 10.1007/978-1-4612-3168-4_9
106. Pusenkova L.I., Il'yasova E.Yu., Maksimov I.V., Lastochkina O.V. Enhancement of adaptive capacity of sugar beet crops by microbial biopreparations under biotic and abiotic stresses // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology].* 2015. V. 50. No. 1. P. 115-123. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.1.115eng
107. Samish Z., Etinger-Tulczynska R., Bick M. Microflora within Healthy Tomatoes // *Applied Microbiology.* 1961. V. 9. No. 1. P. 20-25. DOI: 10.1128/AEM.9.1.20-25.1961
108. Sayed S., El-Shehawi A., Al-Otaibi S., El-Shazly S., Al-Otaibi S., Ibrahim R. Isolation and efficacy of the endophytic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin on grapevine aphid, *Aphis illinoisensis* Shimer (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions // *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 2020. V.30. 38. DOI: 10.1186/s41938-020-00234-z
109. Smith E.F. History, general considerations, vascular diseases. In *Bacteria in relation to plant diseases.* Carnegie Institution of Washington publication. Washington, D.C. Carnegie Inst. Washington. 1911. V. 2. No. 27. P. 23-28.
110. Sorokan A.V., Cherepanova E.A., Burkhanova G.F., Veselova S.V., Rummyantsev S.D., Mardanshin I., Sarvarova E.R., Khayrullin R.M., Maksimov I.V. Endophytic *Bacillus* spp. as a Prospective Biological Tool for Control of Viral Diseases and Non-vector *Leptinotarsa decemlineata* Say. in *Solanum tuberosum* L. // *Frontiers in Microbiology.* 2020. V. 11. Art. 569457. DOI: 10.3389/fmicb.2020.569457
111. Thomas P. Potential Applications of Endophytic Microorganisms in Agriculture // *Asian Biotechnology Development Review.* 2017. V. 19. No. 2. P.3-25.
112. Thornton H.G., Gangulee N. The life-cycle of the nodule organism, *Bacillus radicolica* (Beij.), in soil and its relation to the infection of the host plant // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.* 1926. V. 99. Issue 699. P. 427-451. DOI:10.1098/RSPB.1926.0024

113. Unterseher M., Schnittler M. Dilution-to-extinction cultivation of leaf-inhabiting endophytic fungi in beech (*Fagus sylvatica* L.) – Different cultivation techniques influence fungal biodiversity assessment // *Mycological Research*. 2009. V. 113. No 5. P. 645-654. DOI: 10.1016/j.mycres.2009.02.002
114. Wilson D. Endophyte - the evolution of a term, and clarification of its use and definition // *Oikos*. 1995. V. 73. No. 2. P. 274-276. DOI: 10.2307/3545919

References

1. Abizgil'dina R.R. Indukcija zashhitnoj sistemy pshenicy i kartofel'jaj endofitnymi bakterijami *Bacillus subtilis* 26D. Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Ufa, 2012. 17 s. (In Russian)
2. Abizgil'dina R.R., Burhanova G.F., Maksimov I.V. Vlijanie *Bacillus subtilis* 26D i salicilovoj kisloty na ustojchivost' pshenicy k septoriozu. *Sbornik tezisov Vserossijskogo simpoziuma «Rasteniei stress»*. M.: IFRim. K.A. Timirjazeva RAN, 2010. S. 23-24. (In Russian)
3. Andreeva A.V., Nikolaeva O.N., Kadyrova D.V., Altyzbekova O.M. Korrekcija mikrobiocenoza kischechnika novorozhdennyh teljat. *Uchenye Zapiski Kazanskoj Gosudarstvennoj Akademii Veterinarnoj Mediciny Im. N.Je. Baumana*. 2015. T.222. No 2. S.16-18. (In Russian)
4. Andreeva A.V., Nikolayeva O.N. Probiotic support for gastrointestinal tract microbiota. *Russian Electronic Scientific Journal*. 2017. V. 3. No. 25. S. 112-121. (In Russian)
5. Arnold A.E. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. *Fungal Biology Reviews*. 2007. Vol. 21. No. 2-3. P. 51-66. DOI: 10.1016/J.FBR.2007.05.003
6. Bajguskarov M.H. Sovershenstvovanie barabannogo protravlivatel'ja dlja predposevnoj obrabotki semjan biopreparatami. Avtoref. diss. kand. tehn. nauk. Ufa, 2011. 17 s.
7. Bajguzina F.A., Shroman G.A., Kuznetsova T.N., Bajguzina S.N. Method of preparing preparation called phytosporin. *Patent RU 2128914C1*. Date of publication 20.04.1999a. (In Russian)
8. Bajguzina F.A., Shroman G.A., Menlikeev M.J., Alsynbaev M.M., Kaverin V.V. Biopreparation liquid «phytosporin» for plants protection against sicknesses. *Patent RU 2129375C1*. Date of publication 27.04.1999b. (In Russian)
9. Bajguzina F.A., Kuznetsova T.N., Badanova S.Ch. Curative-prophylactic biopreparation. *Patent RU2172175C1*. Date of publication 20.08.2001. Bull. No. 23. (In Russian)
10. Bajguzina F.A., Alsynbaev M.M., Shroman G.A., Kulagin V.F., Osipova I.G., Bajguzina S.N. Curative preparation of *Bacillus* strain bacteria. *Patent RU 2181596C1*. Date of publication 27.04.2002a. Bull. No. 12. (In Russian)
11. Bajguzina F.A., Kuznetsova T.N., Bajguzina S.N. Strain of bacterium *Bacillus subtilis* with wide spectrum of antagonistic activity. *Patent RU2182172C1*. Date of publication 10.05.2002b. Bull. No. 13. (In Russian)
12. Bajguzina F.A., Kuznetsova T.N., Zakharova R.Sh., Kulagin V.F. Biopreparation for protecting plants against fungous and bacterial diseases. *Patent RU2201678C1*. Date of publication 10.04.2003. Bull. No. 10. (In Russian)
13. Bajguzina S.N. Razrabotka novogo preparata - probiotika «Vitasporin» i izuchenie ego biologicheskikh svojstv. Avtoref. diss. kand. med. nauk. Ufa, 2004. 28 s. (In Russian)
14. Bajguzina S.N., Kuznecova T.N., Bajguzina F.A. Perspektiva ispol'zovanija preparata Vitasporin kak antagonista patogennyh gribov. *Sbornik tezisov IV Rossijskogo s'ezda vrachej infekcionistov*. SPb. 2003. S. 36. (In Russian)
15. Basharov A.A. Rost i razvitie teljat molochnogo perioda pri ispol'zovanii probiotikov serii «Vitafort». Avtoref. kand. s.-h. nauk. Ufa, 2011. 21 s. (In Russian)
16. Basharov A.A., Hazi Ahmetov F.S. Produktivnaja ocenka probiotikov novogo pokolenija «Vitafort». *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo funkcionirovanija i razvitija APK. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkah XIX Mezhdunarodnoj specializirovannoj vystavki «AgroKompleks-2009»*. Ufa. 2009. S.18-20. (In Russian)
17. Basharov A.A., Khaziakhmetov F.S. Using of probiotics series «Vitafort» for calves during preweaning gain. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2010. No. 1. S.23-25. (In Russian)
18. Blagova D.K., Sarvarova E.R., Khairullin R.M. Isolation and characterization of bacterial endophytes from carrots (*Daucus carota* L. var. *sativus*). *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2014. V.174. No. 13. S.10-12. (In Russian)
19. Bulgarelli D., Schlaeppi K., Spaepen S., van Themaat E. V. L., Schulze-Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2013. 64. P. 807-838. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106
20. Compant S., Sessitsch A., Mathieu F. The 125th anniversary of the first postulation of the soil origin of endophytic bacteria – a tribute to M.L.V. Galippe. *Plant and Soil*. 2012. 356:299-301. DOI:10.1007/S11104-012-1204-9
21. Deckert R.J. Structural and ecological aspects of the relationship of phyllosphere fungi with their host, *Pinus strobus* L. Thesis PhD. 2000. P. 2-8.

22. Egorshina A.A., Khairullin R.M., Lukyantsev M.A., Kuramshina Z.M., Smirnova Yu.V. Phosphate-mobilizing activity of the endophytic *Bacillus subtilis* strains and their effect on wheat roots micorrhization ratio. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2011. V. 4. No. 2. S. 172-182. (In Russian)
23. Egorshina A.A. Biologicheskaja aktivnost' j endofitnyh shtammov *Bacillus subtilis*, perspektivnyh v kachestve osnovy novyh preparatov dlja rastenievodstva. Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Saratov, 2012. 24 s. (In Russian)
24. Ekta K., Jitendra M., Kumar A.N. Multifaceted Interactions Between Endophytes and Plant: Developments and Prospects. *Front. Microbiol.* 2018. 9. DOI:10.3389/fmicb.2018.02732
25. Gaifullina L.R., Saltykova E.S., Matniyazov R.T., Nikolenko A.G. Optimal conditions for applying of probiotics as adaptogens based on the analysis of the honey bee immune status. *Biomics*. 2016. V. 8. No. 2. S. 76-81. (In Russian)
26. Gaifullina L.R., Saltykova E.S., Nikolenko A.G. Lactic acid probiotic bacteria in honey. *Pchelovodstvo*. 2017. No. 7. S.50-52. (In Russian)
27. Galljamov F.N., Kamaletdinov R.R., Kinzjagulov R.F., Khajrullin R.M. Thermal container for storage and transportation of biopreparations. *Patent RU 2495340C2*. Date of publication: 10.10.2013. Bull. No. 28. (In Russian)
28. Garifullina D.V. Jendofitnye bakterii rastenij goroha kak aktivnyj component bobovo-rizobial'noj simbioticheskoj sistemy. Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Ufa, 2012. 24 s. (In Russian)
29. Garipova S.R. Razvitie metodologicheskikh podhodov k razrabotke mikrobnih preparatov dlja povyshenija produktivnosti i ustojchivosti sel'skohoz'jajstvennyh rastenij. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2009. No. S10. S. 437-439. (In Russian)
30. Garipova S.R., Garifullina D.V., Markova O.V., Ivanchina N.V., Khairullin R.M. Bacterial endophyte associations of nodules increasing the productivity of legumes. *Agrokimiya*. 2010. No.11. S. 50-58. (In Russian)
31. Gel'cer F.Ju. Simbioz s mikroorganizmami – osnova zhizni rastenij. M: Izd-vo MSHA, 1990. 133 s. (In Russian)
32. Giljazetdinov Sh.Ja., Nugumanov A.H., Pusenkova L.I. Jefferektivnost' antistressovyh preparatov i biofungicidov v sisteme zashhity sel'skohoz'jajstvennyh kul'tur ot neblagopritjanyh abioticheskikh i bioticheskikh faktorov. Ufa: Gilem, 2008. 372 s. (In Russian)
33. Gosudarstvennyj catalog pesticidov i agrohimitatov, razreshennyh k primeneniju na territorii Rossijskoj Federacii. Chast' I. Pesticidy (po sostojaniju na 17 oktjabrja 2023 g.). [*The State catalogue of the pesticides and agrochemicals allowed for use in the territory of the Russian Federation*. Part I. Pesticides (As of October 17 2023)]. M.: Minsel'hoz Rossii. 2023. S.856-865. (In Russian)
34. Gubin A.S., Bessonova A.V., Zudilin O.E. Nodule bacteria. *Nauka i Oblasovanie*. 2023. V. 6. No. 1. (In Russian)
35. Hajrullin R.M., Mubinov I.G., Maksimov I.V., Jusupova Z.R. Osobennosti inducirovanoj jelisitorom produkcii AFK inokulirovannymi jendofitom kornjami pshenicy. *Inducirovannyj immunitet sel'skohoz'jajstvennyh kul'tur – vazhnoe napravlenie v zashhite rastenij*. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Pod red S.S. Sanina, V.A. Pavljushina. SPb, Pushkin: VIZR, 2006. S.60-62. (In Russian)
36. Hajrullin P.M., Luk'jancev M.A., Urazbahtina N.A. Nekotorye prichiny nizkoj jefferektivnosti ispol'zovanija vysoko antagonistichnyh jendofitnyh shtammov *Bacillus subtilis* v kachestve osnovy biofungicidov. *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2010. Vol. 3. No. 17. S. 146-149. (In Russian)
37. Hardoim P.R., van Overbeek L.S., Berg G., Pirttilä A.M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A. The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2015. V. 79. Issue 3. P. 293-320. DOI: 10.1128/MMBR.00050-14
38. Harrison J.G., Griffin E.A. The diversity and distribution of endophytes across biomes, plant phylogeny, and host tissues - how far have we come and where do we go from here? *Environmental Microbiology*. 2020. V. 22. No. 6. P. 2107-2123. DOI:10.1111/1462-2920.14968
39. Hartmann A., Rothballer M., Schmid M. Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant and Soil*. 2008. V.312(1-2), 7-14. DOI: 10.1007/s11104-007-9514-z
40. Hasanov N.R., Mirzaev M.N. Tehnology of preparation laktibufil in tablet from. *Reports of the Tajik Academy of Agricultural Sciences*. 2013. No.4. S. 43-46 (In Russian)
41. Ibragimov R.I., Mardanshin I.S., Ahmetov R.R., Zajnutdinova G.F., Pusenkova L.I. O mehanizme dejstvujaj ekologicheskimi bezopasnyh preparatov, primenjaemyh v rastenievodstve. *Bashkirskij Jekologicheskij Vestnik*. 1999. No. 4. S.26-28. (In Russian)
42. Ivanchina N.V. Jefferekt kombinirovanoj obrabotki goroha *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae 1078 i jendofitnymi shtammami *Bacillus subtilis* v razlichnyh pochvenno-jekologicheskikh uslovijah // *Molodezhnaja nauka i APK: problemy i perspektivy:*

- Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh i aspirantov.* Ufa. 2008. S. 42-44. (In Russian)
43. Ivanchina N.V., Garipova S.R., Hajrullin R.M. Vozmozhnye mehanizmy fitogormonal'noj stimuljaccii rosta rastenij jendofitnymi bakterijami. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2009. No. 10. S. 446-448. (In Russian)
44. Ivanchina N.V., Sahabutdinova A.R. Izmenenie gormonal'nogo balansa kornej rastenij goroha pri inokuljaccii *Bacillus subtilis* avtonomno i v sochetanii s *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae 1078 // *Simbioz Rossija-2009. Materialy II Vserossijskogo s mezhdunarodnym uchastiem kongressa studentov i aspirantov-biologov.* Perm'. 2009. S. 29-31. (In Russian)
45. Ivanchina N.V., Garipova S.R., Khairullin R.M. Effect of cell doses of *Bacillus subtilis* endophytic strains producing indolyl-3-acetic acid on growth and productivity of pea (*Pisum sativum* L.). *Agrokhimiya.* 2018. No. 4. S. 39-44. (In Russian)
46. Jumagulova A.M. Ispol'zovanie probiotikov vitafort, laktobifadolivetosporin pri vyrashhivanii indjushat. Jevoljucija nauchnoj mysli. *Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.* Ufa: Bashkirskij gosudarstvennyj universitet, 2014. T. 1. S.167-170. (In Russian)
47. Kamaletdinov R.R., Khajrullin R.M., Khasanov E.R., Siraev R.K. Seed dresser. *Patent RU 2346422C1.* Date of publication 20.02.2009. Bull. No. 5. (In Russian)
48. Karimov K.H. Jendofitnye bakterii i ispol'zovanie ih v zashhite hlochatnika ot boleznej v severnyh rajonah Tadzhikestana. Avtoref. dis. nasoisk. uchen. step. k.s.-h.n. Tashkent, 1993. 25 s. (In Russian)
49. Khairullin R.M., Sarvarova E.R. To the term «endophytic bacteria». *Plant Protection News.* 2016. V. 89. No. 3. S.175-176. (In Russian)
50. Khajrullin R.M., Maksimov I.V., Blagova D.K., Sorokan A.V., Veselova S.V., Urzabakhtina N.A., Irgalina R.Sh., Vakhitova R.K. Microbiological composition for increasing crop yield and protecting them from pests and diseases. *Patent RU 2654569C2.* Date of publication: 21.05.2018. Bull. No. 15. (In Russian)
51. Kloepper J.W., Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W.F. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 1997. V. 43. No. 10. Pp. 895-914. DOI: 10.1139/m97-131
52. Kozachko I.A. Endophytic strain *B. subtilis* 26D - is the basis of plant protection microbiological remedy. The Candidat Thesis for a Philosophy Doctor degree. The Institute of Microbiology and Virology nm. D.K. Zabolotny of the NAS of Ukrain. Kiev, 1996. 24 p. (In Ukrainian)
53. Kuramshina Z.M., Khairullin R.M. Influence of endophytic strains of the bacterium *Bacillus subtilis* on cell number in monocultures of green algae. *Russian Journal of Plant Physiology.* 2013. V. 60. No. 4. P. 571-575.
54. Kuramshina Z.M., Smirnova J.V., Khairullin R.M. Protective effect of endophytic strain of bacteria at cadmium ions toxic effect on *Sinapis alba* plants. *Bulletin of Bashkir University.* 2013. V. 18. No. 3. S. 739-742. (In Russian)
55. Kuramshina Z.M., Smirnova J.V., Khairullin R.M. Effect of *Bacillus subtilis* on the growth and antioxidant enzymes activity in *Triticum aestivum* plant under Cd-stress. *Bulletin of Bashkir University.* 2014. V. 19. No. 3. S. 835-839. (In Russian)
56. Kuramshina Z.M. Jendomikoriznyj simbioz v agrojekosistemah. Sterlitamak: Sterlitamakskij filial BashGU, 2015. 148 s. (In Russian)
57. Kuramshina Z.M., Smirnova J.V., Khairullin R.M. Crop species responsiveness to inoculating the seeds with endophytic bacteria *B. subtilis*. *Scientific Life.* 2019. V. 14. No. 3(91). S. 279-287. DOI: 10.26088/INOB.2019.91.29682 (In Russian)
58. Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Maksimov I.V. Assessment of Economic Efficiency of Application of Probiotics in Rabbit Breeding Industry. *Science and Business: Development Ways.* 2019. V. 7. No. 97. S. 144-145. (In Russian)
59. Kutluberdina DR, Khayrullin RM. Species composition and contamination of different fractions of wheat grain with fungi of *Fusarium* Link genus in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta -The Herald of Kazan State Agrarian University.* 2008. V. 3. No. 4(10). S. 90-95. (In Russian)
60. Kutluberdina D.R., Khairullin R.M. The effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds with an endophytic strain of *Bacillus subtilis* on the number and species composition of phytopathogenic fungi of the genus *Fusarium*. *Immunopatologiya, Allergologiya, Infektologiya. Proceedings interdisciplinary mycological forum.* Moscow, 2009. No. 1. S. 89-90. (In Russian)
61. Kutluberdina D.R. Antagonostichnye shtammy bakterij *Bacillus subtilis* Cohn. Kak agenty biokontrola gribov roda Fusrium. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk. Saratov, 2010. 24 s. (In Russian)
62. Lastochkina O., Il'jasova E., Shirokov A., Pusenkova L. Antifungal and growth stimulating activities of new *Bacillus subtilis* strains. *Scientific Enquiry in the Contemporary World: Theoretical Basics and Innovative Approach.* 2012. V. 1. P. 96.
63. Lastochkina O.V., Il'jasova E.Ju., Shirokov A.V., Pusenkova L.I. Vlijanie bakterij *Bacillus subtilis* 10-4 i 12-2 na sodержanie prolina v prorstkah pshenicy v norme i pri solevom strese. *Aktual'nye problemy*

- biohimii i bionanotehnologii. IV Mezhdunarodnaja nauchnaja Internet-konferencija: materialy konferencii v 2 tomah.* Servis virtual'nyh konferencij Pah Grid; IP Sinjaev Dmitrij Nikolaevich. 2013. S. 163-166. (In Russian)
64. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M., Garipova S., Blagova D., Khairullin R., Aliniaiefard S. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2017. V.121. P. 80-88. DOI: 10.1016/J.PLAPHY.2017.10.020
65. Laxmipriya P., Kishore M.Y., Kumar P.S. Endophytic fungi with great promises: A Review. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research.* 2013. V.3. No. 3. P.152-170.
66. Link H.F. Report on the Progress of Physiological Botany. *Reports and Paper on Botany.* 1846. London: Ray Society. 420 P.
67. Maksimov I.V., Khairullin R.M., Sorokan A.V. Method for recovery of antagonist activity of endophytic strain *Bacillus subtilis* 26D ARRIAM 128. *Patent RU 2595431C1.* Date of publication 27.08.2016. Bull. No. 24. (In Russian)
68. Maksimov I.V., Blagova D.K., Sarvarova E.R., Veselova S.V., Burkhanova G.F., Sorokan A.V., Cherepanova E.A., Rummyantsev S.D., Khairullin R.M. Bacterial strain of *Bacillus subtilis* with complex biological activity. *Patent RU 2733132C1.* Date of publication 29.09.2020. Bull. No. 28. (In Russian)
69. Maksimov I.V., Blagova D.K., Veselova S.V., Sorokan A.V., Burkhanova G.F., Cherepanova E.A., Sarvarova E.R., Rummyantsev S.D., Khayrullin R.M. Recombinant *Bacillus subtilis* 26DCryChS line with gene BcryIIa encoding CryIIa toxin from *Bacillus thuringiensis* promotes integrated wheat defense against pathogen *Stagonospora nodorum* Berk. and greenbug *Schizaphis graminum* Rond. *Biological Control.* 2020. V. 144. P. 14. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104242
70. Maksimov I.V., Shein M. Yu., Burkhanova G.F. RNA Interference in Plant Protection from Fungal and Oomycete Infection. *Applied Biochemistry and Microbiology.* 2023. V.58(1). P. 16-31. DOI: 10.1134/S0003683822100106
71. Menlikiev M.Ya. Fusarium wilting of fine-fiber cotton and study of *Fusarium vasinfectum* Alk. strains as the disease causative agent in Vakhsh Valley. *News of the Academy of Sciences of the Tajik SSR, Department of Biological Sciences.* 1962. V.4. No. 11.S. 48-59. (In Russian)
72. Menlikiev M.Ja., Van'janc G.M., Smirnov V.V., Reznik S.R., V'junickaja V.A., Sultanova M.H., Sharipova N.U., Karimov K., Rezvanula N., Chaplinskij V.E., Kozachko I.A., Dzhumaev A. Hlopkosporin - novyjbiologicheskijpreparatdljazashhityhlopchatnikaotb oleznej. *Informacionnyj listok.* Dushanbe: Tadh. NIINTI, ser.68-35, No. 63-92, 1992. 2 s. (In Russian)
73. MenlikievM.Ja., Nedorezkov V.D., Van'janc G.M., Mineev M.I., Smirnov V.V., Bajguzina F.A., Sorokulova I.B., Sultanova M.H., Karimov K.H. Fitosporin. *Rekomendacija.* Ufa: GP NPO «Immunopreparat», 1996. 24 s. (In Russian)
74. Menlikiev M.Ja., Bajguzina F.A., Pusenkova L.I., Sorokulova I.B. Biologicheskaja immunizacija rastenij jendofitnymi bakterijami. *Problemy selekcii i intensivizacii zemledelija v Bashkortostane. Materialy nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 90-letiju so dnja rozhdenija doktora s.-h. nauk, pochetnogo akademika AN RB, professora V.H. Hangil'dina.* 1997. S. 75-76. (In Russian)
75. Menlikeev M.J., Maksimov I.V., Nedorezkov V.D., Khajrullin R.M. *Bacillus subtilis* M1 strain with fungicidal and fungistatic activity to cultured plant disease excitants. *Patent RU 2307158C1.* Date of publication: 27.09.2007. Bull. No. 27. (In Russian)
76. Mishukovskaya G.S., Murzabekov N.R., Kuznetsova T.N. Economically profitable characteristics of bees fed on feeds supplemented with microbiological preparations. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2013. Vol. 3. No. 41. S. 163-165. (In Russian)
77. Mubinov I.G., Hajrullin R.M. Izmenenie aktivnosti nekotoryh oksidaz pri kontakte pshenicy s jendofitom *Bacillus subtilis* 26D. *Materialy Vtorogo Vserossijskogo s'ezda po zashhite rastenij «Fitosanitarnoe ozdorovlenie agrojekosistem».* 5-10 dekabrja 2005 g., S.Pb.–Pushkin). SPb - Pushkin, 2005. T.1. S.521-523. (In Russian)
78. Mubinov I.G., Sahabutdinova A.R., Hajrullin R.M. Stimuljacija rosta prorostkov pshenicy i povyshenie v nih urovnja ABK i IUK jendofitom *Bacillus subtilis* 26D. *Materialy Vtorogo Vserossijskogo s'ezda po zashhite rastenij «Fitosanitarnoe ozdorovlenie agrojekosistem».* 5-10 dekabrja 2005 g., S.Pb.–Pushkin). S. Pb. –Pushkin, 2005. T.1. S. 518-521. (In Russian)
79. Naderi Rizvanulla. Jeffektivnost' biopreparata hlopkosporin v zashhite tonkovoloknistogo hlopchatnika ot boleznjej. Avtoref. dis. Na soisk. uchen. step. k.s.-h.n. Tashkent, 1993. 25 s. (In Russian)
80. NafikovaA.R., SurinaO.B., KhairullinR.M., MaksimovI.V. Effect of *Bacillus subtilis* 26D and 11VM strain metabolites on the growth of wheat seedlings and calluses. *Agrokhimiya.* 2018. No. 5. S. 39-44. (In Russian)
81. Nedorezkov V.D. Biologicheskoe obosnovanie primenenija jendofitnyh bakterij v zashhite pshenicy ot boleznjej na Juzhnom Urale. Avtoreferat diss. dok. s.-h. nauk. Sankt-Peterburg-Pushkin, 2003. 25 s. (In Russian)
82. Patel A.V. Application techniques of endophytes. In: Desiree Jakobs-Schönwandt, Matthias Döring, Anant

- Patel (eds.). *Application Techniques of Endophytes. Proceedings of a meeting held at the FH Bielefeld. Germany, 14-15 July 2014.* P. 17-22. DOI: 10.13140/RG.2.1.2888.6249
83. Perotti R. On the limits of biological enquiry in soil science. *Proc. Int. Soc. Soil Sci.* 1926. Vol. 2. Pp.146-161.
84. Petrini O. Fungal endophytes in tree leaves. *Microbial ecology of leaves*, Andrews J.H., Hirano S.S., eds., New York: Springer, New York. 1991. P.179-197. DOI: 10.1007/978-1-4612-3168-4_9
85. Pusenkov L.I. Biologizacija zashhita kartofelja ot boleznij v Respublike Bashkortostan. Avtoreferat diss. kand. s.-h. nauk. Kurgan, 2002. 24 s. (In Russian)
86. Pusenkov L.I., Il'yasova E.Yu., Maksimov I.V., Lastochkina O.V. Enhancement of adaptive capacity of sugar beet crops by microbial biopreparations under biotic and abiotic stresses. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2015. V. 50. No. 1. P. 115-123. DOI: 10.15389/agrobiologiya.2015.1.115eng
87. Rukol' V.M. Tehnologicheskie osnovy veterinarnogo obsluzhivaniya molochnogo krupnogo rogatogo skota s hirurgicheskimi boleznjami v Respublike Belarus'. Avtoreferat diss. dok. vet. nauk. Sankt-Peterburg, 2013. 39 s. (In Russian)
88. Saidov Sh. H. Sposob poluchenija probiotika subtilben v forme tabletok i ego profilakticheskaja jeffektivnost' pri sal'monelleze teljat. Avtoref. diss. kand. vet. nauk. Dushanbe, 2012. 23 s. (In Russian)
89. Samish Z., Etinger-Tulczynska R., Bick M. Microflora within Healthy Tomatoes. *Applied Microbiology*. 1961. V. 9. No. 1. P. 20-25. DOI:10.1128/AEM.9.1.20-25.1961
90. Sarvarova E.R. Poisk novyh svojstv jendofitnyh bakterij *Bacillus subtilis* Cohn. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk. Ufa, 2021. 22 s. (In Russian)
91. Sayed S., El-Shehawi A., Al-Otaibi S., El-Shazly S., Al-Otaibi S., Ibrahim R. Isolation and efficacy of the endophytic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin on grapevine aphid, *Aphis illinoisensis* Shimer (Hemiptera: *Aphididae*) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2020. V.30. 38. DOI: 10.1186/s41938-020-00234-z
92. Semerikova A.I., Mironova I.V. Harakteristika shkur bychkov simmental'skoj porody pri kormlenii preparatom «Vetosporin suspenzija». *Sovremennye tendencii v obrazovanii I nauke. Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.* Tambov: OOO «Konsaltingovaja kompanija Jukom». 2013. Ch. 9. S. 111-112. (In Russian)
93. Sharipova A.F., Khaziye D.D. «Vetosporin-active» probiotic additive influence on the growing efficiency of broiler chickens. *Scientific Notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2015. V. 221. No. 1. S. 16-18 (In Russian)
94. Shirokov A.V., Lastochkina O.V., Juldashev R.A., Pusenkov L.I. Ocenka vlijaniya novyh shtammov *Bacillus subtilis* v komplekse s salicilovoj kislotoj na mikrobnoe soobshhestvo rizosfery I produktivnost' rastenij kartofelja. *Biotehnologija – ot nauki k praktike. Materialy nauchnyh dokladov uchastnikov Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj pamjati professora Kireevoj Naili Ahnjafovny.* Ufa: BashGU, 2014. S. 199-201. (In Russian)
95. Smirnov V.V., Menlikiev M.Ja., Reznik S.R., V'junickaja V.A., Van'janc G.M., Sultanova, Dzharmaev A., Sharipova N.U. Shtamm bakterij *Bacillus subtilis* dlja poluchenija preparata protiv zabojevanij hlochatnika. *Avtorskoe svidetel'stvo SSSR №1717156.* Opubl. 07.03.1992.
96. Smirnov V.V., Sorokulova I.B., Berezhnitskaja T.G., Van'jants G.M., Menlikeev M.J., Nedorezkov V.D., Mineev M.I., Vakhitov V.A., Bajguzina F.A. Biopreparation phyto sporin for plant protection from illnesses. *Patent RU 2099947C1.* Date of publication 27.12.1997. (In Russian)
97. Smith E.F. History, general considerations, vascular diseases. In *Bacteria in relation to plant diseases: Carnegie Institution of Washington publication.* Washington, D.C. Carnegie Inst. Washington. 1911. V. 2. No. 27. P. 23-28.
98. Sorokan A.V., Cherepanova E.A., Burkhanova G.F., Veselova S.V., Rummyantsev S.D., Mardanshin I., Sarvarova E.R., Khayrullin R.M., Maksimov I.V. Endophytic *Bacillus* spp. as a Prospective Biological Tool for Control of Viral Diseases and Non-vector *Leptinotarsa decemlineata* Say. in *Solanum tuberosum* L. *Frontiers in Microbiology*. 2020. V. 11. Art. 569457. DOI: 10.3389/fmicb.2020.569457
99. Sultanova M.Kh., Dodov N.D., Fomina T.M., Jalilov A.U., Mirzoev T.K. The specific action of subetillen biopreparation against leaf homozygote disease of the sorts of cotton fiber. *Kishovarz.* 2009. No.1. S. 19-22. (In Russian)
100. Sultanova M.H. Razrabotka I primenenie jekologicheskij bezopasnyh tehnologij zashhity hlochatnika ot kompleksa vredonosnyh boleznij v Tadjhikistane. Diss. doktora biol. nauk. Dushanbe, 2016. S.9, 230-271. (In Russian)
101. Thomas P. Potential Applications of Endophytic Microorganisms in Agriculture. *Asian Biotechnology Development Review*. 2017. V. 19. No. 2. P.3-25.
102. Thornton H.G., Gangulee N. The life-cycle of the nodule organism, *Bacillus radicola* (Beij.), in soil and its relation to the infection of the host plant. *Proceedings of the Royal Society. B: Biological Sciences.*

1926. V. 99. No. 699. P. 427-451. DOI: 10.1098/RSPB.1926.0024
103. Tokarev I.N., Bliznetsov A.V., Ganieva S.R. The use of probiotics in the industrial pigbreeding. *Mezhdunarodnyj Akademicheskij Vestnik*. 2018. V. 4. No. 24. S. 56-57. (In Russian)
104. Tuktarov V.R., Kuznecova T.N., Mishukovskaja G.S., Urazbahtina N.A., Hajrullin R.M. Sposob ispol'zovaniya suspenzii bakterij shtamma *Bacillus subtilis* 11V i ego primenenie dlja povysheniya fiziologicheskikh funkcij u pchel I zashhity ih ot zabolevanij. Izobrenenija. Poleznyemodeli. Oficial'nyj bjulleten' Federal'noj sluzhby po intellektual'noj sobstvennosti. FIPS: Moskva, 2009. Bull. No.5 2007130428/13(In Russian)
105. Tuktarov V.R., Kuznetsova T.N., Mishukovskaja G.S., Urazbahtina N.A., Khajrullin R.M. Preparation for stimulation of physiological functions in bees and their protection against infectious diseases. *Patent RU 2380406C2*. Date of publication: 27.01.2010. Bull. No. 3. (In Russian)
106. Unterseher M., Schnittler M. Dilution-to-extinction cultivation of leaf-inhabiting endophytic fungi in beech (*Fagus sylvatica* L.) – Different cultivation techniques influence fungal biodiversity assessment. *Mycological Research*. 2009. V. 113. No 5. P. 645-654. DOI: 10.1016/j.mycres.2009.02.002
107. Urakov B.E., Sultanova M.Kh. Dynamics of lemon drying in different zones of Tajikistan. *News of National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological Sciences*. 2021. No. 4(215). S. 71-76. (In Russian)
108. Urakova A.V., Sataeva L.V. The effectiveness of biopreparations produced by NVP «BASHINKOM» in the cultivation of green onions. *Russian Electronic Scientific Journal*. 2023. V. 2. No. 48. S. 196-206. (In Russian)
109. Valitova A., Mironova I., Islamova M. The efficiency of the use of probiotic supplements «Vetosporin asset» of the milk production. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2014. V. 1. No. 29. S. 45-50. (In Russian)
110. Vasilev R.A., Chernikovich V.Yu., Evteeva M.A., Sakharov D.A., Patrushev M.V. Synthetic Biology: Current State and Applications. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2021. V. 39. No. 1. S. 18-30. DOI: 10.3103/s0891416821010079 (In Russian)
111. Veselova S.V., Nuzhnaja T.V., Maksimov I.V. Vlijanie jendofitnoj bakterii *Bacillus subtilis* 26D, salicilovoj I zhasmonovoj kislot na sodержanie gormonov v prorostkah pshenicy, inficirovannyh *Septoria nodorum* Berk. *Mir nauki glazami sovremennoj molodezhi. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii*. 2014. Stavropol': Izd-vo SKFU, 2014. S. 128-133.
112. Wilson D. Endophyte - the evolution of a term, and clarification of its use and definition. *Oikos*. 1995. Vol. 73. No. 2. P. 274-276. DOI: 10.2307/3545919
113. Yarullina L.G., Kalatskaja J.N., Cherepanova E.A., Yaloukaya N.A., Tsvetkov V.O., Ovchinnikov I.A., Burkhanova G.F., Rybinskaya K.I., Sorokan A.V., Herasimovich K.M., Zaikina E.A., Nikolaichuk V.V., Hileuskaya K.S., Mardanshin I.S. Prospects to improving biological activity of agricultural formulations based on bacteria of the genus *Bacillus* and chitosan nanocomposites. *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya*. 2023. V. 59. No.5. S. 427-439 (In Russian). DOI: 10.31857/S0555109923050185
114. Zhurba V.A., Labkovich A.V., Veremei E.I. Hematological status of cows treated against purulent pododermatitis with the probiotic «Vetosporin» for the external application. *Uchenye Zapiski UO VGAVM*. 2010. V. 46. No. 2. S. 26-28. (In Russian)