



Достижения и перспективы развития микробиотехнологий на Северо-Востоке Евразии

М. П. Неустроев✉

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
им. М.Г. Сафронова ФИЦ ЯНЦ СО РАН, г. Якутск, Российская Федерация
✉ mneustroev50@mail.ru

Аннотация

Приведен обзор результатов исследований Якутского НИИСХ за последние два десятилетия по разработке высокоэффективных инактивированных вакцин, изучению микробиоты домашних, диких и ископаемых палео-животных, созданию биопрепаратов, способствующих получению экологически чистой органической продукции животноводства. Впервые в России разработаны высокоэффективные инактивированные вакцины против мыта и сальмонеллезного аборта лошадей, утвержденные Россельхознадзором МСХ РФ. Разработан на основе штаммов *B. subtilis* пробиотик «Сахабактисубтил» для профилактики и лечения дисбактериозов, повышения иммунобиологической реактивности сельскохозяйственных животных. Научная новизна разработок подтверждена 53 патентами РФ. Для дальнейшего развития микробиотехнологий, создания и организации производства новых лекарственных средств и биопрепаратов с использованием микробиологического, животного и растительного сырья предлагается организация Арктического центра биотехнологий с микробиологической и вирусологической лабораториями на базе лабораторий по разработке микробных препаратов и ветеринарной биотехнологии ЯНИИСХ. Создание Арктического центра биотехнологий будет способствовать обеспечению биологической безопасности России, особенно на Северо-Востоке Евразии. В связи с интенсивным промышленным освоением Арктики, потеплением климата в высоких широтах, изменениями видового разнообразия фауны, путей миграции диких животных и перелетных птиц, угрозой зоонозных эпидемий нарастает необходимость не только широкомасштабного мониторинга инфекционных, особенно вирусных заболеваний животных и человека, но и разработки ветеринарных вакцин и биопрепаратов, повышающих надежность иммунологической защиты.

Ключевые слова: штаммы, микроорганизмы, вакцины, пробиотики, биологическая безопасность

Финансирование. Работа выполнена в рамках: государственного задания Якутского НИИСХ ЯНЦ СО РАН «Разработать методы создания новых биопрепаратов, технологии борьбы и профилактики болезней животных и птиц, обеспечивающих получение органической продукции традиционных отраслей сельского хозяйства на Крайнем Севере» (FWS-2021-0007); технологического проекта «Биотехнологии глубокой переработки уникального северного, экологически чистого, воспроизводимого биосырья» (2022-2024 годы), выполняемого в рамках НОЦ «Север: территория устойчивого развития».

Для цитирования: Неустроев М.П. Достижения и перспективы развития микробиотехнологий на Северо-Востоке Евразии. *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2025;30(2):290–302. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2025-30-2-290-302>

Review article

Achievements and future opportunities for the advancement of microbiotechnology in the North-East of Eurasia

Mikhail P. Neustroev✉

Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre
“The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”,
Yakutsk, Russian Federation
✉ mneustroev50@mail.ru

Abstract

This article provides a comprehensive analysis of the research conducted by the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture over the past two decades. It highlights the advancement of highly effective inactivated vaccines, the exploration of microbiota in domestic, wild, and fossilized Paleozoic animals, and the development of biological products that facilitate organic livestock production. The Institute has achieved a significant milestone by developing, for

the first time in Russia, highly effective vaccines aimed at preventing horse-soap and salmonella-related abortions. These vaccines have received approval from Rosselkhoznadzor, the regulatory authority within the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Additionally, the probiotic “Sakhabactisubtil”, derived from *Bacillus subtilis* strains, has been formulated to prevent and treat dysbiosis while enhancing the immunobiological reactivity of livestock. These innovations have been patented in the Russian Federation, resulting in the issuance of 53 patents that validate their scientific innovation. To further advance microbiological technologies and improve the production of innovative pharmaceuticals and biologics using microbial, animal, and plant resources, the establishment of an Arctic Biotechnology Center is proposed. This center would capitalize on the laboratories of the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture and is intended to encompass microbiological and virology laboratories focused on the development of microbial products and veterinary biotechnologies. The establishment of this center is anticipated to significantly bolster Russia’s biological security, particularly in the northeastern region of Eurasia. The accelerated industrial development in the Arctic, alongside the effects of climate change in high-latitude regions, has resulted in substantial changes in species diversity, wildlife migration patterns, and the routes of migratory birds. These transformations have increased the risk of zoonotic diseases and the likelihood of epidemic outbreaks. As a result, there is an urgent need for comprehensive monitoring of infectious diseases, with particular emphasis on viral pathogens that impact both animals and humans. Furthermore, there is a critical necessity to develop effective veterinary vaccines and biological products to enhance overall health and safety.

Keywords: strains, microorganisms, vaccines, probiotics, biological safety

Funding. This study was conducted within the framework of the state assignment for the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, which is affiliated with the FRC “Yakut Scientific Centre of the SB of the RAS”, titled “Creation of new biopreparations and technologies, control and prevention of animal and bird diseases, ensuring the production of organic products in traditional agricultural sectors of the Far North” (No. FWRS-2021-0007). Additionally, this study was integrated into the technological project titled “Biotechnologies for the deep processing of unique northern, environmentally friendly, renewable bio-raw materials”, 2022–2024 as part of the Scientific and Educational Center “North: Territory of Sustainable Development”.

For citation: Neustroev M.P. Achievements and future opportunities for the advancement of microbiotechnology in the North-East of Eurasia. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2025;30(2):290–302. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2025-30-2-290-302>

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает задача обеспечения биологической безопасности России, особенно в Арктике.

Общепризнанное потепление климата в высоких широтах, деградация многолетнемерзлых грунтов, интенсивное промышленное освоение природных ресурсов, контролируемые и неконтролируемые палеонтологические раскопки, расширение среды обитания переносчиков зоонозных инфекций (насекомых, грызунов), изменения путей миграции диких животных и перелетных птиц могут увеличить риск возникновения и распространения инфекционных болезней человека и животных. Следует учитывать появление новых вирусов и бактерий в результате естественного или искусственного мутагенеза.

В природе насчитывается около 1,5 млн видов представителей дикой фауны. Они могут быть резервуарами и переносчиками около 75 % инфекционных болезней животных и человека [1–3]. Более половины из них, включая грипп, СПИД, атипичную пневмонию, лихорадки Денге и Эбола, имеют животное происхождение [4], как и Covid-19, вызвавший всемирную пандемию [5]. Болезни животных значительно влияют на патоло-

гии человека, так 60 % инфекционных болезней людей – зоонозы, 75% эмерджентных инфекций – зоогенного происхождения, 80 % объектов биотерроризма – возбудители зоонозов [6]. Сохраняется угроза заноса визигулярных инфекций на территорию России при миграции диких животных по трем направлениям: северокавказскому, центрoазиатскому и дальневосточному [7, 8].

В Якутии, самом крупном по территории регионе России (3 083 523 км²), представляющем основную часть Северо-Востока Евразии, гнездятся более 30 млн диких птиц (271 вид). В последние десятилетия отмечены изменения в составе орнитофауны: появляются новые виды – чибис, кулик-поручийник, светлокрылая крачка, скворец, большая синица, и список этот продолжает пополняться [9]. Большая часть гнездящихся пернатых – 217 видов являются перелетными, которые зимуют в основном в странах Юго-Восточной Азии. По количеству диких копытных Якутия занимает одно из первых мест в России [10]. В Якутии отмечаются природные очаги сибирской язвы, бешенства, бруцеллеза, иерсиниоза, лептоспироза, туляремии и других болезней. В этой связи реальна угроза распространения опасных зоонозов. Вместе с тем, вопрос научно обоснованного

мониторинга, профилактики и борьбы с инфекционными болезнями животных и человека остается открытым. А в связи с отсутствием современных вирусологической и микробиологической лабораторий регион становится потенциальным очагом будущих пандемий. Это – глобальная проблема.

Известно, что изменения климата и глобальное потепление создают условия для преодоления вирусами межвидовых барьеров и расширения ареала их распространения [11]. Также настораживает уникальный факт возрождения гигантского вируса из арктического льда с возрастом 30 тысяч лет [12]. Другой пример – выделение якутскими учеными жизнеспособных бактерий рода *Bacillus* из останков представителей мамонтовой фауны, сохранившихся в многолетнемерзлых грунтах 30–40 тысяч лет [13–15]. В литературе есть данные о выделении возбудителя чумы из захоронений XVIII–XIX веков на территории Якутии. Эти факты указывают на особую роль «вечной мерзлоты» в сохранении возбудителей инфекционных болезней.

В целях рационального проведения общих профилактических мероприятий по сибирской язве нами составлен кадастр неблагополучных пунктов на территории Республики Саха (Якутия), на которой в период с 1811 по 1993 г. зарегистрированы 739 вспышек сибирской язвы среди домашних и диких животных в 29 административных районах, в 244 населенных пунктах. Среди них – 455 неблагополучных пунктов сибирской язвы, ранее не входившие в Российский кадастр [16, 17]. В России последняя вспышка сибирской язвы отмечена на Ямале в 2016 г. Причиной возникновения считается оттаивание вечной мерзлоты [18]. Предыдущая вспышка сибирской язвы зарегистрирована на Ямале в 1941 г. Исходя из этого, можно предположить, что споры оставались жизнеспособными в мерзлотной почве не менее 75 лет. В Якутии сибирская язва с 1993 г. не регистрируется. Однако в Абыйском районе (2015 г.) выделены три возбудителя сибирской язвы во время палеонтологических раскопок [19].

Возможность возникновения сибирской язвы диктует необходимость разработки эффективных и экологически безвредных способов и методов обеззараживания мест, зараженных спорами, и специфической профилактики инактивированными вакцинами.

Нами впервые в условиях Якутии установлено распространение среди диких копытных лептоспироза, иерсиниоза, сальмонеллеза, инфекционного ринотрахеита и вирусной диареи [20]. Эти данные дополняют результаты исследований авторов, отмечавших значительную зараженность диких животных в других субъектах России и странах мира.

Несомненно, что развитие агропромышленного комплекса в северных регионах возможно только в условиях стабильного эпидемиологического и эпизоотического благополучия, которое может создаваться на базе научных знаний о механизмах распространения, межвидовой передаче, видовом составе вирусов возбудителей заболеваний человека, домашних и диких животных, птиц. Необходимость мониторинга инфекционных болезней диких животных и птиц возрастет в период распространения новых вирусных болезней, в том числе коронавируса COVID-19. Тем более есть сообщение о распространении коронавирусной болезни среди лошадей в штате Колорадо США. Установлено сходство клинических признаков, вызванных коронавирусом лошадей (ECoV) и возбудителем сальмонеллезного аборта [21]. Н. Вульф отмечал необходимость глобального мониторинга передачи вирусов от диких животных человеку для контроля распространения инфекционных болезней и предотвращения пандемии [4]. Есть предположение, что следующим регионом начала пандемии гриппа птиц может быть Крайний Север России, в том числе Якутия [22].

Установление нами циркуляции вирусов инфекционного ринотрахеита, диареи в популяции оленей Арктических районов и у лесных бизонов указывает на то, что переносчиками возбудителей могут быть перелетные птицы [20]. Таким образом, болезни диких животных и птиц могут оказывать существенное влияние на их численность и продуктивность, а также угрожать здоровью домашних животных и человека.

Исходя из вышеизложенного, актуальным является проведение мониторинга инфекционных болезней диких животных, перелетных птиц, а также бактериологических, вирусологических и молекулярно-генетических исследований выделенных изолятов. Исследования, направленные на изучение микробиоты и выделенных изолятов, помогут определить пути передачи возбудителей зоонозов, разработать и организовать методы за-

щиты диких, домашних животных, птицы и человека.

Необходимость разработки и производства биопрепаратов для ветеринарного применения, растениеводства и плановое их использование в целях обеспечения биологической безопасности, научно-технического обеспечения развития сельского хозяйства, снижения технологических рисков в продовольственной сфере и обеспечения производства органической продукции отмечены в ряде указов Президента РФ и Главы РС (Я).

Согласно ФЗ № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные экономические акты Российской Федерации» от 3 августа 2018 г. предусматривается разработка и производство биологических препаратов.

Органическое сельское хозяйство предусматривает запрет на применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста и откорма животных, гормональных препаратов, за исключением тех, которые разрешены к применению в Российской Федерации.

В настоящее время мировая общественность уделяет серьезное внимание безопасности продуктов питания, что наиболее ярко проявилось в отказе от использования антибиотиков в животноводстве стран Европейского союза с января 2006 года. Для решения проблемы резистентности микроорганизмов к антибиотикам предлагаются разработки нового поколения эффективных антибактериальных веществ, бактериофагов, бактериальных удобрений, фитобиостимов и иммуномодуляторов.

В Республике Саха (Якутия) от традиционных отраслей – коневодства и оленеводства можно получить органическую продукцию, которая обладает экспортоориентированным потенциалом. Однако в настоящее время получению такой продукции препятствуют широкое использование антибиотиков, распространение бактериальных и вирусных инфекций.

В настоящее время микробиологические технологии наиболее развиты в таких странах, как США, Канаде, Японии и Европейском союзе. Китай, Индия и Бразилия приступили к реализации программ развития по всему спектру биотехнологий.

Несмотря на перспективность и огромные потенциальные возможности рынков биотехнологической продукции, биотехнологии в России развиты недостаточно. В Республике Саха (Яку-

тия) в этой сфере имеются определенные научные достижения в областях переработки сельскохозяйственного сырья и разработки новых лекарственных средств в ветеринарной медицине. Однако результаты научных исследований остаются недостаточно востребованными из-за слабой коммерциализации результатов и ограниченных возможностей экспериментальных производств.

Важность микробиологических биотехнологий для развития сельскохозяйственного производства, обеспечивающих продовольственную безопасность, охрану ранимой окружающей среды Якутии, неоспорима. Методы и способы микробиологической биотехнологии позволяют производить национальные кисломолочные продукты, разработать новые экологически безопасные ветеринарные лекарственные средства, эффективные добавки, премиксы, переработать отходы агропромышленного комплекса (навоз, помет, осадки сточных вод), наладить производство биологических удобрений, средств защиты и повышения урожайности растений, рекультивировать загрязненные почвы с учетом климатических условий и особенностей ведения отраслей животноводства и растениеводства в условиях Северо-Востока Евразии.

Исходя из вышеизложенного ставится цель – разработать и организовать производство лекарственных средств и биологических препаратов с использованием микробиологического сырья для получения органической продукции, повышения продуктивности отраслей сельского хозяйства, обеспечения импортозамещения и экспорта продукции.

Эти задачи включают разработку:

- лекарственных средств для ветеринарного применения из микробного сырья (вакцины и пробиотики);

- биопрепаратов для ветеринарного применения, пищевой промышленности и охраны природы (бактериофаги, кормовые добавки, закваски кумыса, суората и других национальных продуктов, ферментные препараты из растительного, животного и микробного сырья, препараты для биоремедиации почвы, очистки воды);

- биопрепаратов для растениеводства (биологические удобрения, препараты для борьбы с болезнями растений),

- а также создание Арктического центра микробиотехнологий с микробиологической и ви-

Таблица 1

**Штаммы микроорганизмов, выделенные
и идентифицированные в ЯНИИСХ,
депонированные во Всероссийских коллекциях**

Table 1

**Strains of microorganisms isolated and identified
at the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture
and deposited in the All-Russian collections**

№	Штамм
1	Штамм возбудителя сальмонеллезного аборта лошадей <i>Salmonella abortus</i> БН-12
2	Штамм возбудителя мыта <i>Streptococcus equi</i> Н-5/1
3	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> ТНП-3
4	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> ТНП-5
5	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> «Колыма-7/2к»
6	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> «Оймякон-6/1»
7	Штамм <i>Lactobacillus acidophilus</i> К 1902
8	Штамм <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> К 1903
9	Штамм <i>Lactobacillus acidophilus</i> К 1901
10	Штамм молочных дрожжей <i>Clavispora lusitanae</i> 1 Д
11	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> 2СП В-14405
12	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> 5СП В-14406
13	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> 27 L VKPM В-14800
14	Штамм бактерий <i>Bacillus subtilis</i> 11 К VKPM В-14816

русологической лабораториями мирового уровня и биофармзавода, который будет производить все вышеперечисленное.

В Якутском НИИСХ с 1997 г. организована и действует лаборатория по разработке микробных препаратов, в 2013 г. организована новая лаборатория ветеринарной биотехнологии. В результате многолетних исследований по микробной экологии мерзлотных почв, растений, домашних, диких и ископаемых животных учеными ЯНИИСХ установлено, что в микробиоценозе окружающей среды и микробиоте животных в условиях вечной мерзлоты особую и доминирующую роль играют бактерии рода *Bacillus*, обладающие уникальными биологическими свойствами. Эта группа микроорганизмов является одной из самых перспективных групп в современной биотехнологии [23].

В целях разработки биотехнологических препаратов выделены, идентифицированы и депонированы во Всероссийских коллекциях 14 штаммов микроорганизмов (табл. 1).

Штаммы выделены из мерзлотных почв, сельскохозяйственных и диких животных, палеомикробиоты, якутского кумыса. Микроорганизмы используются для разработки иммунобио-

логических и биологических препаратов. Два штамма поданы на Международное депонирование. Идентификация штаммов проводилась бактериологическими, молекулярно-генетическими и биохимическими методами. Штаммы депонированы в Государственных коллекциях микроорганизмов ВГНКИ ветеринарных препаратов Россельхознадзора, Московском НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.Н. Габричевского Роспотребнадзора, ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии и в Биоресурсном центре Всероссийской коллекции микроорганизмов Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт».

В рамках мониторинга инфекционных болезней изучается микробиота животных и птиц. Имеется коллекция около 400 изолятов бактерий *Bacillus*, выделенных из микробиоты сельскохозяйственных и диких животных, мамонтовой фауны и мерзлотных почв. Проводится изучение биологических свойств (пробиотические, антагонистические, ферментативные и фунгицидные) и возможности их использования в микробиотехнологии России и Китая.

Вакцины аналогов в России не имеют. Пробиотик превосходит по эффективности существ-

Таблица 2

Биопрепараты, созданные в ЯНИИСХ

Table 2

Biologics created at the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture

№	Биопрепараты
1	Пробиотик «Сахабактисубтил» для профилактики дисбактериозов, повышения иммунобиологической реактивности сельскохозяйственных животных, утвержденный Россельхознадзором МСХ РФ (2006, 2012 гг.). Пробиотик предохраняет 90–95 % молодняка от болезней желудочно-кишечного тракта. Экономический эффект на 1 руб. затрат составляет 16–17 рублей
2	Вакцина против мыта лошадей, утверждена Россельхознадзором (2021 г.). Эффективность иммунизации 90–95 %. Экономический эффект на 1 руб. затрат составляет 7 рублей
3	Вакцина против сальмонеллезного аборта лошадей, утверждена Россельхознадзором МСХ РФ (2006, 2012, 2019 гг.). Внесены изменения в регистрационное досье и выдано новое регистрационное удостоверение в 2019 г. Иммунизация вакциной повышает деловой выход жеребят в неблагополучных пунктах на 15,7–23 %. Экономический эффект на 1 руб. затрат составляет 10,7 рублей
4	Вакцина против мыта лошадей «Табын» утверждена МСХ Республики Казахстан (2018 г.)
5	Вакцина против мыта утверждена в Монголии (2023 г.)
6	Микробная закваска для якутского кумыса (2022 г.)
7	Йогурт якутский кумысный (2025 г.)

вующие аналоги. Производство их лицензировано и организовано при ЯНИИСХ (2010–2015 гг.) и ООО НПЦ «Хоту-Бакт» (2015 г.) [24]. Научная новизна разработок защищена 53 патентами РФ. Биопрепараты востребованы не только в республике, но и в других регионах, а также в Казахстане и Монголии. В настоящее время продукция используется в Красноярском, Алтайском краях, Новосибирской и Владимирской областях, республиках Алтай, Хакасия, Бурятия и Казахстан. Во исполнение поручения Главы РС (Я) А.С. Николаева организовано лицензированное производство вакцины мыта в Монголии (2024 г.) и планируется в Казахстане. Разработчики биопрепаратов являются победителями инновационных проектов по Дальневосточному региону (2006 г.), обладателями золотой медали ВВЦ за препарат «Сахабактисубтил» (2007 г.), лауреатами государственных премий по науке и технике РС (Я) (4 премии). ООО НПЦ «Хоту-Бакт» резидент Технопарка «Якутия», участник Фонда «Сколково», обладатель Гранта Президента РС (Я), приза Ассоциации тихоокеанских Технопарков мира (2019 г.), победитель конкурса экспортеров года Якутии (2023).

По результатам испытания пробиотиков и вакцин разработаны и изданы рекомендации и методические пособия (табл. 3) [23].

В последние годы завершены испытания новых вакцин и пробиотиков:

- вакцина против мыта и ринопневмонии;

- вакцина против ринопневмонии лошадей инактивированная;
- ассоциированная вакцина против ринопневмонии, сальмонеллезного аборта и мыта лошадей;
- кормовая добавка «Норбакт» для птицеводства;
- кормовая добавка для крупного рогатого скота и свиней;
- пробиотики для производства инновационных пробиотических кисломолочных продуктов нового поколения;
- санитарно-гигиеническое средство «Пробиодез-3+5» для обработки вымени коров после доения.

В настоящее время проводятся следующие научные исследования (табл. 4).

Реализация проекта развития микробиотехнологий в Якутии предусматривает два этапа: I – 2026–2027 гг., II – 2028–2029 гг.

На первом этапе для развития науки, обеспечения спроса Якутии на биотехнологическую продукцию и ее реализацию в субъектах России необходимо решить задачи, указанные в табл. 5.

На втором этапе для глубокой модернизации технологической базы перерабатывающей и биологической промышленности за счет массового внедрения в производство методов и продуктов сельскохозяйственной биотехнологии, организации промышленного производства лекарственных средств, средств защиты и повышения продуктивности растений, почвы необходимо решить задачи, отмеченные в табл. 6.

**Рекомендации и методические пособия, разработанные в ЯНИИСХ
по результатам испытаний пробиотиков и вакцин**

Table 3

**Recommendations and methodological manuals developed
at the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture
based on the results of trials with probiotics and vaccines**

№	Рекомендации и методические пособия
1	Профилактика и лечение мыта лошадей в табунном коневодстве (Новосибирск, 2006 г.)
2	Профилактика инфекционных болезней лошадей (Якутск, 2002 г.)
3	Профилактика инфекционных абортков кобыл в табунном коневодстве: рекомендации (Якутск, 2002 г.)
4	Создание специализированных стад северных оленей для производства биологически активных добавок и пищевых продуктов в условиях севера Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (Москва, 2010 г.)
5	Система контроля за проявлением микобактериозов крупного рогатого скота в условиях Якутии (Якутск, 2010 г.)
6	Вакцина против ринопневмонии лошадей инактивированная с иммуномодулятором в профилактике вирусного аборта лошадей табунного содержания (Якутск, 2012 г.)
7	Меры борьбы с лептоспирозом животных в условиях Якутии (Якутск, 2013 г.)
8	Комплекс мероприятий по обеззараживанию и переработке навоза и птичьего помета в условиях Якутии (Новосибирск, 1996 г.); – технические условия 2180-001-00670203-00 «Биоорганическое удобрение с Сахабактисубтилом (БОУСС)» (утверждены МСХ РС(Я) от 26.07.2000 г.); – техническая инструкция по производству биоорганического удобрения с Сахабактисубтилом (БОУСС) (утверждена МСХ РС (Я) от 26.07.2000 г.)
9	Пробиотик «Сахабактисубтил» в профилактике и лечении диарейных заболеваний телят и поросят (Якутск, 2003 г.)
10	Профилактика микотоксикозов сельскохозяйственных животных и условиях Республики Саха (Якутия) (Якутск, 2004 г.)
11	Штаммы <i>Bacillus subtilis</i> в профилактике послеродовых осложнений коров (Якутск, 2006 г.)
12	Профилактика нарушений обмена веществ у крупного рогатого скота в условиях Якутии (Якутск, 2007 г.)
13	Технология применения пробиотика в оленеводстве (Якутск, 2008 г.)
14	Профилактика и лечение болезней северного оленя (Москва, 2008 г.)
15	Профилактика желудочно-кишечных болезней в клеточном звероводстве (Якутск, 2008 г.)
16	Технология применения пробиотиков из штамма бактерий <i>Bacillus subtilis</i> в свиноводстве и птицеводстве (Якутск, 2010 г.)
17	Способы профилактики микотоксикозов крупного рогатого скота с применением препарата «Сахабактисубтил» в условиях Якутии (Якутск, 2010 г.)
18	Биологически активные добавки и пищевые продукты в условиях Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ (Москва, 2010 г.)
19	Пробиотики из штамма <i>Bacillus subtilis</i> в сельском хозяйстве Якутии (Якутск, 2010, 2012 гг.)
20	Силосование кормовых культур с использованием биопрепаратов (Якутск, 2012 г.)
21	Технология применения препарата «Сахабактисубтил» для нормализации кишечного микробиоценоза лошадей после дегельминтизации (Якутск, 2013 г.)
22	Меры борьбы с лептоспирозом животных в условиях Якутии (Якутск, 2013 г.)
23	Профилактика микотоксикозов лошадей табунного содержания в условиях Якутии (Якутск, 2014 г.)
24	Диагностика, профилактика, лечение маститов коров (Якутск, 2015 г.)
25	Технология применения пробиотика «Сахабактисубтил» в коневодстве (Якутск, 2015 г.)
26	Технология приготовления и использования пробиотического кисломолочного продукта на основе штаммов бактерий <i>Bacillus subtilis</i> из вторичного сырья коровьего молока молодняку крупного рогатого скота (Якутск, 2018 г.)
27	Санитарно-гигиеническое средство «Пробиодез3+5» на основе штамма бактерий <i>Bacillus subtilis</i> для дезинфекции помещений в присутствии животных и обработке вымени коров после доения (Якутск, 2021 г.)
28	Биопрепараты из штаммов бактерий, выделенных из мерзлотных почв Якутии (Якутск, 2022 г.)

№	Рекомендации и методические пособия
29	Профилактика ринопневмонии и мыта молодняка лошадей комбинированной вакциной с иммуномодулятором (Якутск, 2022)
30	Выделение и идентификация бактериофагов против возбудителя сальмонеллезного аборта лошадей (Якутск, 2023 г.)
31	Ветеринарно-санитарные требования к безопасности продукции табунного коневодства, поставляемой на экспорт (Якутск, 2023 г.)
32	Технология приготовления и использования ферментной кормовой добавки на основе штаммов бактерий <i>Bacillus subtilis</i> для табунного коневодства Республики Саха (Якутия) (Якутск, 2024 г.)
33	Probiotics on the basis of bacteria <i>Bacillus subtilis</i> in agriculture (Якутск, 2024 г.)

Таблица 4

Научные исследования ЯНИИСХ в области микробиологических биотехнологий

Table 4

Scientific research of the Yakut Scientific Research Institute of Agriculture
in the field of microbiological biotechnology

№	Тематика	Результаты
1	Разработка моюще-дезинфицирующих средств на основе пробиотических штаммов микроорганизмов	В 2019 г. получен патент РФ на изобретение
2	Разработка ферментной кормовой добавки с использованием пробиотических штаммов для молодняка лошадей	
3	Разработка микробных препаратов для борьбы с болезнями и повышения урожайности растений (картофель, огурцы, помидоры, земляника)	Получены три патента РФ на изобретение
4	Поиск штаммов бактерий продуцентов биологически активных веществ	Исследуется микрофлора диких животных. Выделены перспективные штаммы. Установлено распространение иерсиниоза среди лосей и косуль
5	Исследования микробиоты перелетных птиц с целью оценки их возможной роли в передаче возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных	В связи с угрозой новых зооантропонозных заболеваний это направление крайне важно и является задачей мирового уровня
6	Изучение ферментов микроорганизмов	Результаты исследований будут являться основанием для постановки задачи организации биотехнологического завода по производству ферментов
7	Разработка бактериофагов	

В табл. 7 указаны основные инструменты поддержки развития сельскохозяйственной микробиотехнологии в Якутии.

Приоритеты развития сельскохозяйственной биотехнологии.

В сельскохозяйственную биотехнологию включены пищевая и природоохранная (экологическая) биотехнологии:

1. *Биологическая защита растений.* Средства для повышения продуктивности. В условиях «вечной мерзлоты» актуальным становится поиск биологических мер защиты и повышения продуктивности растений. В ЯНИИСХ разработаны методы борьбы с болезнями картофеля,

огурцов, земляники с использованием пробиотических штаммов микроорганизмов, выделенных из мерзлотных почв. Получены три патента РФ на изобретения. Следует их доработать, провести производственные испытания, утвердить новые средства защиты в Россельхознадзоре, организовать производство.

2. *Биоудобрения.* Будут разработаны биологические удобрения с полезными микроорганизмами (азотфиксирующие, споровые и другие). Продолжается поиск микроорганизмов, перерабатывающих органические отходы (навоз, помет, осадки сточных вод). Биопрепараты будут способствовать развитию органического земле-

Таблица 5

Задачи I этапа развития микробиотехнологий в Якутии в 2026–2027 гг.

Table 5

Objectives for the first stage of microbiotechnology development in Yakutia, 2026–2027

№	Задачи
1	Развитие сельскохозяйственной биотехнологической науки, создание и укрепление лабораторий. Приобретение приборов и оборудования. Разработка новых технологий и лекарственных средств. Коммерциализация научных результатов. Патенты. Патентные соглашения. Лицензирование и сертификация производства. Утверждение НТД (инструкции, ТУ, технологические инструкции)
2	Создание биофармзавода
3	Производство национальных кисломолочных продуктов (кумыс, суорат)
4	Промышленное производство новых лекарственных средств для сельского хозяйства, ветеринарной медицины и экологии (вакцина против мыта, вакцина против сальмонеллезного аборта, вакцина инактивированная против ринопневмонии, вакцина ассоциированная против ринопневмонии, сальмонеллезного аборта и мыта, пробиотики «Сахабактисубтил», «Пантобакт», «Норбакт», «Хонгуринобакт», средства защиты и повышения продуктивности растений и почвы)
5	Подготовка и переподготовка кадров
6	Создание коллекции микроорганизмов

Таблица 6

Задачи II этапа развития микробиотехнологий в Якутии в 2028–2029 гг.

Table 6

Objectives for the second phase of microbiotechnology development in Yakutia, 2028–2029

№	Задачи
1	Промышленное производство национальных кисломолочных продуктов
2	Промышленное производство биологических средств (лекарственные средства, средства защиты растений)
3	Развитие междисциплинарных систем исследований. Взаимодействие и интеграция с технологической средой субъектов России и зарубежных стран
4	Создание МИП для вовлечения потенциала научных организаций в создание и производство новых биотехнологических продуктов

деля – основы органического животноводства, а также снижению экологического ущерба. В ЯНИИСХ разработана технология производства биоудобрения на основе переработки и обеззараживания навоза и помета с использованием пробиотических микроорганизмов. Получены два патента РФ на изобретения. Следует подготовить НТД, утвердить и получить лицензию, организовать производство.

3. *Биопрепараты для животноводства.* Преимуществом российских иммунобиологических лекарственных средств должно быть изготовление их из «местных» штаммов микроорганизмов, обуславливающих их высокую специфичность и эффективность.

Для развития сельскохозяйственной биотехнологии необходимо:

1. Разработать механизм субсидирования части инвестиционных расходов предприятий, на-

правляемых на создание новых производственных мощностей по выпуску биотехнологических продуктов в сфере сельского хозяйства.

2. Разработать механизм софинансирования создания пилотных предприятий для отработки и внедрения в сельском хозяйстве инновационных биотехнологических продуктов.

3. Создать Центр биологических ресурсов (сельскохозяйственной и экологической биотехнологии, непатогенных микроорганизмов для сельского хозяйства и экологии).

4. Создать биофармзавод биопрепаратов для сельского хозяйства (микробные препараты для животноводства, растениеводства).

5. Создать малые инновационные предприятия:

- по обеззараживанию отходов и осадков сточных вод с использованием микробных препаратов;
- по производству биоудобрений;
- по обеззараживанию нефтезагрязненных почв;

**Основные инструменты поддержки развития
сельскохозяйственной микробиотехнологии в Якутии**

Table 7

Main tools for supporting the development of agricultural microbiology in Yakutia

№	Инструменты
1	Стимулирование спроса на биотехнологическую продукцию, включая: – принятие республиканской программы развития биотехнологии; – организацию кластера сельскохозяйственной биотехнологии в технопарке Якутия; – разработку мер государственной поддержки сельхозпроизводителей в использовании биологической продукции (лекарственные средства, кисломолочная продукция, средства защиты растений, удобрения); – разработку и реализацию механизма поддержки государственных закупок биотехнологической продукции; – разработку мер стимулирования предприятий производителей биотехнологической продукции
2	Содействие повышению конкурентоспособности биотехнологических предприятий: – предоставление на грантовой основе или на условиях беспроцентного займа финансирования для реализации программ НИОКР; – усиление приоритета развития биотехнологий, особенно в период ранних стадий инновационной деятельности – «предпосевной» и «посевной» в рамках грантов, программа поддержки малого и среднего бизнеса, Фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере и других фондов (венчурный и другие); – разработка механизмов поддержки создания и деятельности биотехнологических предприятий за счет развития инновационной инфраструктуры (кластер сельскохозяйственной биотехнологии, центр коллективного использования оборудования и приборов); – реализация опыта применения «зеленых стандартов» для рационального использования природных ресурсов, освоения экологически безвредных технологий
3	Развитие образования в сфере сельскохозяйственной биотехнологии: – расширение взаимодействия и интеграции аграрной науки и вуза в сфере сельскохозяйственной биотехнологии (создание кафедр, проведение совместных исследований), финансовая поддержка такого взаимодействия в рамках аграрно-, научно-образовательного производственного комплекса; – создание новых образовательных программ по сельскохозяйственной биотехнологии; – организация системы повышения квалификации и переподготовки биотехнологических кадров в центральных НИУ и вузах
4	Развитие науки в сфере сельскохозяйственных биотехнологий: – увеличение доли расходов (биотехнологической) науки в структуре бюджета РАН и РС(Я); – разработка стратегической программы исследований по сельскохозяйственной биотехнологии в РС(Я)
5	Развитие экспериментальной производственной базы: – развитие инновационной инфраструктуры путем создания экспериментальных предприятий для наработки партий с целью лабораторных, клинических и производственных испытаний; – привлечение средств государственного и частного бизнеса для развития экспериментальных производств; – формирование подпрограмм и отдельных мероприятий по созданию экспериментальных предприятий в рамках Республиканской программы развития биотехнологии
6	Поддержка и развитие биокolleкций: – создание центра коллекции микроорганизмов; – взаимодействие с ведущими НИУ – держателями коллекций (ВГНКИ ветеринарных препаратов, ВНИИСХМ, МНИМЭМ, ВИЗР и другие) и международными центрами; – разработка и реализация мер государственной поддержки центра коллекции микроорганизмов
7	Международное сотрудничество: – разработка совместных программ НИОКР в рамках РНФ (Германия, Китай, Япония, Монголия); – лицензирование новых препаратов в Японии, Китае и Монголии; – экспорт препаратов; – создание референтных лабораторий Международного эпизоотического бюро

– по детоксикации кормов, продуктов, организма, контаминированных солями тяжелых металлов.

6. Формировать заказ на выполнение научных исследований по следующим направлениям:

– разработка новых лекарственных средств для профилактики и лечения болезней животных;

– разработка новых средств повышения урожайности и борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур;

– разработка мер детоксикации продуктов, кормов, организма, контаминированных солями тяжелых металлов;

– разработка новых средств и методов обеззараживания и рекультивации нефтезагрязненных почв.

Необходимость разработки и использования вакцин, пробиотиков обусловлена сложной эпизоотической обстановкой по заразным болезням лошадей, таким как мыт, лептоспироз, ринопневмония и сальмонеллез, которые вызывают аборт и распространены почти во всех хозяйствах республики. Так, сальмонеллезный аборт в 1985–2023 гг. зарегистрирован в 150 пунктах 21 улусах, а ринопневмония в 2002–2018 гг. – в 100 пунктах 16 улусах. Приказом МСХ РФ от 19 декабря 2011 г. ринопневмония, лептоспироз и сальмонеллез включены в перечень заразных, в том числе особо опасных болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин). В результате распространения инфекционных болезней (сальмонеллы, ринопневмония, мыт) и невыполнения других зоотехнических и ветеринарных требований деловой выход жеребят в республике составляет всего 50–55 %. Ущерб составляет около 1,5 млрд руб/год. Установление карантина приводит к отмене племпродажи, недополучению продукции, снижению объемов продаж. При проведении профилактических мероприятий с использованием вакцин деловой выход минимально может быть повышен на 10 % или можно получить дополнительно 8 тыс. жеребят на сумму 560 млн рублей. Это только по коневодству.

Использование биологических препаратов и удобрений в растениеводстве позволит получить органическую продукцию и повысить урожайность на 10–20 %, обеспечить импортозамещение биопрепаратов и экспорт продукции.

Для развития биомедицины и биофармацевтики следует:

1. Разработать пробиотические препараты для медицины.

2. Разработать и провести клинические испытания новых кисломолочных продуктов для профилактики и лечения туберкулеза и других болезней на основе якутских штаммов бактерий, депонированных в коллекции ФБУН ВНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского.

Заключение

Реализация проекта развития микробиотехнологий для разработки и производства новых био-

препаратов явится основой становления Якутии как биотехнологической республики, развития отраслей сельского хозяйства с высоким качеством продукции, обеспечивающих продовольственную и биологическую безопасность северо-восточных регионов Российской Федерации.

Список литературы / References

1. Бедоева З.М., Божьева Ю.В. Эпизоотологический мониторинг инфекционных болезней у диких плотоядных животных. *Ветеринарная медицина*. 2011;(3-4):120–122.

Bedoeva Z.M., Bozhyeva Yu.V. Epizootological monitoring of infectious diseases in wild carnivorous animals. *Veterinarnaya meditsina*. 2011;(3-4):120–122. (In Russ.)

2. Artois M. The role of wildlife in the control of domestic animal diseases. *Conf. OIE*. 2012. 1–9.

3. Заволока А.А. Заболевание диких и экзотических животных и их роль в заболевании людей. *VetPharma*. 2013;(3):21–30.

Zavoloka A.A. Diseases of wild and exotic animals and their role in human diseases. *VetPharma*. 2013;(3):21–30. (In Russ.)

4. Вульф Н. Как предотвратить пандемию. *В мире науки*. 2009;(6):65–69.

Wulf N. Preventing a Pandemic: *V Mire Nauki=A World of Science*, 2009;6:65–69. (In Russ.)

5. Официальный сайт Россельхознадзора. www.fsvps.ru/fsvps/print/news/34932.html.

Official website of the Rosselkhoz nadzor. www.fsvps.ru/fsvps/print/news/34932.html.

6. Макаров В.А., Грубый В.А., Груздев К.Н., Сухарев О.И. *Список МЭБ и трансграничные инфекции животных*: монография. Владимир: ВНИИЗЖ; 2012. 162 с.

Makarov V.A., Grubiy V.A., Gruzdev K.N., Sukharev O.I. *The OIE List and Cross-Border Animal Infections*: A Monograph. Vladimir: VNIIZZH; 2012. P. 162. (In Russ.)

7. Морозов А.В. Экологическое значение распространения возбудителей бактериальных инфекций охотничьих животных в Беларуси. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2015;16(1):33–38.

Morozov A.V. The ecological significance of the spread of pathogens of bacterial infections among hunting animals in Belarus. *Animal Agriculture and Veterinary Medicine*. 2015;16(1):33–38. (In Russ.)

8. Семакина В.П., Акимова Т.П., Соломатина И.Ю., Караулов А.К. Риск заноса особо опасных заболеваний животных с везикулярным синдромом на территории России. *Ветеринария сегодня*. 2019;28(1):3–9. <https://doi.org/10.2932/2304-196X-1-28-3-9>

Semakina V.P., Akimova T.P., Solomatina I.Yu., Karaulov A.K. Risk of introducing highly dangerous animal vesicular diseases into the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2019;28(1):3–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.2932/2304-196X-1-28-3-9>

9. Дегтярев А.Г. *Охотничье-промысловые птицы Республики (Саха) Якутии*. Якутск: Изд-во СО РАН; 2004. 109 с.
- Degtyarev A.G. *Hunting and commercial birds of the Republic (Sakha) Yakutia*. Yakutsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2004. 109 p. (In Russ.)
10. Аргунов А.В., Степанова В.В., Охлопков И.М. Динамика численности и использование ресурсов диких копытных в таежной части Якутии. *Аграрный вестник Урала*. 2017;161(7):4–11.
- Argunov A.V., Stepanova V.V., Okhlopov I.M. The population dynamics and resource use of wild ungulates in the taiga of Yakutia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017;161(7):4–11. (In Russ.)
11. Legendre M., Bartoli J., Shmakova L., et al. Thirty-thousand-year-old distant relative of giant icosahedral DNA viruses with a pandoravirus morphology. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014;111(11):4274–4279. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320670111>.
12. Legendre M., Lartique A., Bertaux L., et al. In-depth study of Mollivirus sibericum, a new thirty-thousand-old giant virus infecting Acanthamoeba. *Morphology. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015;112(38):5327–5335. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510795112>.
13. Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Fedorova M.P., et al. Yakutia Zoolite Microflora. In *Vth International Conference on Mammoth and their Relatives*. 2010;59–60.
14. Neustroev M.P. On the prospects of microbiological research on mammoth fauna in permafrost. *Quaternary International*. 2012;255:139–140.
15. Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Neustroev M.M., et al. Microflora of Fossil Animals Preserved in Yakut Permafrost. *Journal of Earth Science and Engineering*. 2014;4:484–489.
16. Huber I., Potapova R., Ammosova E., et al. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia. *International Journal of Circumpolar Health*. 2020;79(1):1–13. <https://doi.org/10.1080/2243982.2020.171598>.
17. Дягилев Г.Т., Неустроев М.П. Кадастр неблагоприятных пунктов по сибирской язве в Республике Саха (Якутия). *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019;49(5):88–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-5-11>.
- Dyagilev G.T., Neustroev M.P. Cadastre of unfavorable locations for anthrax of animals in the Republic of Sakha (Yakutia). *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2019;49(5):88–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-5-11>.
18. Timofeev V., Bakhteeva I., Mironova R., et al. Insights from *Bacillus anthracis* strains isolated from permafrost in the tundra zone of Russia. *BioRxiv preprint first posted online Dec. 3. 2018*. <https://doi.org/10.1101/486290>.
19. Ерофеевская Л.А. Генетическая идентификация сибирезязвенного штамма, выделенного из нефтезагрязненного многомерзлого грунта. В кн.: *Шестая Пушчинская школа-конференция «Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов»: Материалы конференции, г. Пушchino, 2–6 декабря 2019 г.* Пушchino: Вода: химия и экология; 2019. С. 86–88.
- Yerofeevskaya L.A. Genetic identification of the anthrax strain isolated from oil-contaminated permafrost soil. In: *Sixth Pushchino School-Conference “Biochemistry, Physiology, and the Biospheric Role of Microorganisms”: Conference Proceedings, Pushchino, December 2–6, 2019*, Pushchino: Water, Chemistry, and Ecology Publ.; 2019, pp. 86–88. (In Russ.)
20. Неустроев М.П., Юров К.П., Тарабукина Н.П. и др. Роль диких животных в эпизоотологии инфекционных болезней в Якутии. *Ветеринария и кормление*. 2021;(5):57–64. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-5-15>
- Neustroev M.P., Yurov K.P., Tarabukina N.P., et al. Role of wild animals in epizootology of infectious diseases in Yakutia. *Veterinaria i kormlenie*. 2021;(5):57–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-5-15>.
21. Manship A.J., Bliklager A.T., Elfenbein J.R. Disease features of equine coronavirus and enteric salmonellosis are similar in horses. *Journal of Veterinary Medicine*. 2019;33(2):912–917. <https://doi.org/10.1111/jvim.15386>.
22. Revich B.A., Podolnaya M.A. Thawing of permafrost may disturb historic cabbie burial grounds in East Siberia Cibaion. *Global Health Action*. 2011;4:8482. <https://doi.org/10.3402/gha.410.8482>.
23. Неустроев М.П., Тарабукина Н.П. *Технология применения иммунобиологических и пробиотических препаратов в сельском хозяйстве*. Новосибирск: Изд. ООО «СибАК»; 2022. 374 с.
- Neustroev M.P., Tarabukina N.P. *Technology of Using Immunobiological and Probiotic Drugs in Agriculture*. Novosibirsk: SibAK Publishing House; 2022. 374 p. (In Russ.)
24. Неустроев М.П., Петрова С.Г. *Разработка иммунобиологических препаратов против вирусных и бактериальных болезней лошадей*. Новосибирск: Изд. ООО «СибАК»; 2023. 186 с.
- Neustroev M.P., Petrova S.G. *Development of Immunobiological Drugs for Viral and Bacterial Diseases in Horses*. Novosibirsk: SibAK Publishing House; 2023. 186 p. (In Russ.)

Об авторе

НЕУСТРОЕВ Михаил Петрович, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заместитель директора по науке, заведующий лабораторией ветеринарной биотехнологии, <https://orcid.org/0000-0003-0672-4109>, ResearcherID: 1-4401-2017, Scopus Author ID: 50462075800, SPIN: 2897-9540, e-mail: mneustroev50@mail.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

About the author

NEUSTROEV, Michael Petrovich, Dr. Sci. (Vet.), Professor, Chief Researcher, Deputy Director for Science, Head of Laboratory of Veterinary Biotechnology, <https://orcid.org/0000-0003-0672-4109>, ResearcherID: 1-4401-2017, Scopus Author ID: 50462075800, SPIN: 2897-9540, e-mail: mneustroev50@mail.ru

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Submitted 17.04.2025

Поступила после рецензирования / Revised 21.05.2025

Принята к публикации / Accepted 28.05.2025