

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-3-1186

EDN: DSUPHE

УДК 579.66



Научная статья

ОЦЕНКА БИОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ ШТАММОВ *BACILLUS* SPP., ОБЛАДАЮЩИХ ЦЕННЫМИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

А.Н. Иркитова, Д.Е. Дудник, А.В. Малкова, К.В. Хлопова

Аннотация

Обоснование. Современной тенденцией развития сельского хозяйства является его экологизация за счет использования микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств (антагонистическая активность, продукция ферментов и пр.). Важным критерием отбора для включения микробов в состав биопрепаратов является их безопасность.

Цель. Настоящее исследование направлено на изучение безопасности природных штаммов *Bacillus* spp., обладающих ценными биотехнологическими свойствами.

Материалы и методы. Объектами исследования были 10 штаммов бацилл из коллекции Инжинирингового центра «Промбиотех» АлтГУ. Для штаммов определены: способность к продукции ферментов патогенности классическими микробиологическими методами (гемолитическая, фосфатазная, лецитиназная и рибонуклеазная активности), профиль генов синтеза энтеротоксинов и цереулидсинтетазы рвотного токсина (*cytK*, *hblC*, *entFM*, *nheA*, *ces*) с помощью тест-системы ПЦР-РВ, а также проведена оценка токсичности изучаемых штаммов бацилл на мышинной модели.

Результаты. Все изучаемые штаммы *Bacillus* spp. проявили как минимум одну энзиматическую активность (РНК-азную). Для видов *B. pumilus*, *B. toyonensis* и штамма *B. licheniformis* 6 выявили 3 положительных ферментативных теста из 4 (кроме лецитиназы). По данным ПЦР-РВ для всех исследуемых штаммов по пяти генам токсинов был получен отрицательный результат. Это подтвердилось в исследованиях *in vivo*, так как у подопытных мышей от действия супернатантов всех исследуемых штаммов *Bacillus* spp. не зафиксировали острый токсический эффект.

Заключение. Исследованные штаммы рода *Bacillus* не относятся к потенциальным возбудителям пищевых токсикоинфекций человека и животных, так как не продуцируют энтеротоксины и цереулид, а также не проявляют токсических свойств на мышинной модели.

Ключевые слова: *Bacillus*; биобезопасность; ферменты патогенности; энтеротоксины; цереулид

Для цитирования. Иркитова, А.Н., Дудник, Д.Е., Малкова, А.В. & Хлопова, К.В. (2025). Оценка биобезопасности природных штаммов *Bacillus spp.*, обладающих ценными биотехнологическими свойствами. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 188-207. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1208>

Original article

THE BIOSAFETY EVALUATION OF NATURAL *BACILLUS* SPP. STRAINS WITH VALUABLE BIOTECHNOLOGICAL PROPERTIES

A.N. Irkitova, A.V. Malkova, D.E. Dudnik, K.V. Khlopova

Abstract

Background. The modern trend in the agriculture development is its greening through the use of microorganisms that have a range of useful properties (antagonistic activity, enzyme production, etc.). An important selection criterion for the inclusion of microbes in the composition of biopreparations is their safety.

Purpose. The present study aimed to investigate the safety of *Bacillus* spp. natural strains that possessing valuable biotechnological properties.

Material and methods. The objects of the study were 10 bacillus strains from the collection of the Engineering Center “Prombiotech” ASU. The strains were tested for: the ability to produce pathogenicity enzymes using classical microbiological methods (hemolytic, phosphatase, lecithinase and ribonuclease activity), the profile of genes synthesizing enterotoxins and cereulide synthetase of emetic toxin (cytK, hblC, entFM, nheA, ces) using the real-time PCR test system, and the ability of the studied bacillus strains toxicity on a mouse model.

Results. All the studied *Bacillus* spp. strains showed at least one enzymatic activity (RNAase). For the species *B. pumilus*, *B. toyonensis* and the *B. licheniformis* 6 strain, 3 out of 4 positive enzymatic tests were detected (except for lecithinase). According to the real-time PCR data, all the studied strains showed a negative re-

sult for five toxin genes. This was confirmed in vivo, since no acute toxic effect was recorded in the experimental mice from the action of the all the studied *Bacillus* spp. strains supernatants.

Conclusion. The studied genus *Bacillus* strains do not belong to potential pathogens of food poisoning in humans and animals, since they do not produce enterotoxins and cereulide, and do not exhibit toxic properties in a mouse model.

Keywords: *Bacillus*; biosafety; pathogenicity enzymes; enterotoxins; cereulide

For citation. Irkitova, A.N., Malkova, A.V., Dudnik, D.E. & Khlopova, K.V. (2025). The biosafety evaluation of natural *Bacillus* spp. strains with valuable biotechnological properties. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 188-207. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1186>

Введение

Достижения микробной биотехнологии активно используются в сельском хозяйстве, пищевом производстве, ветеринарии и медицине, а также других областях народного хозяйства. Для этого применяются различные штаммы бактерий, грибов, вирусов, водорослей и простейших. К прокариотам, часто используемым в производственных целях, относятся представители рода *Bacillus*, которые проявляют высокую биосинтетическую активность и выраженную резистентность к различным факторам среды. Известно более 370 видов бацилл, почти повсеместно распространенных по земной поверхности, а к патогенным для животных из них относятся многие штаммы *B. anthracis*, *B. cereus* и *B. thuringiensis* [20; 30].

При этом промышленные штаммы микроорганизмов должны селективироваться не только на основании полезных технологически-ценных свойств (антагонистическая активность, продукция ферментов, антибиотиков и пр.), но и по критериям биобезопасности – факторам патогенности, вирулентности, аллергенности и способности к загрязнению окружающей среды [10; 21]. Несмотря на то, что отсутствует международный стандарт по оценке биобезопасности микроорганизмов, внедряющихся в биотехнологические цепочки, в ряде государств действуют специальные органы для регулирования этого вопроса. Например, в Америке под контролем FDA («Food and Drug Administration») создан и обновляется реестр GRAS («Generally recognized as safe»), в который на данный момент включено более 60 штаммов *Bacillus* spp. или продуктов на их основе. А EFSA («European Food Safety Authority») регулярно пополняет список микроорганизмов со статусом QPS («Qualified presumption of safety»), которые можно использовать для производства кормов, ферментов, продуктов питания,

пищевых добавок и средств защиты растений. На июнь 2024 года в данном перечне учтены штаммы 18 видов бацилл [29; 33; 34; 37].

В России работа с микроорганизмами I-IV групп патогенности, в частности используемыми на биотехнологических производствах, осуществляется в соответствии с СанПиНом 3.3686-21. Формирование системы безопасности производственных штаммов подразумевает их гигиеническое нормирование, в основе которого лежит эмпирическое установление минимально действующих концентраций микробного загрязнителя и определение предельно допустимой концентрации. Например, в исследовании Шеиной и соавторов [14] доказана биобезопасность исследуемых промышленных штаммов *Bacillus* spp. на основании вышеизложенных критериев.

Патогенность – это потенциальная способность микроорганизмов вызывать инфекционный процесс, заложенная генетически. А вирулентность – степень реального проявления данной потенции. При этом даже внутри патогенного вида *B. anthracis* известны авирулентные штаммы [13]. Существуют различные подходы к классификации факторов патогенности. В основном их подразделяют на факторы адгезии, инвазии, колонизации, уклонения от иммунитета и агрессии [16; 36]. В работе Tuipulotu et al. [19] в качестве основных факторов патогенности *B. cereus* выделены порообразующие токсины, цереулид, энтеротоксины и ферменты (гемолизины, протеазы и фосфолипазы). Для *B. thuringiensis* характерна продукция тех же токсинов, что и для вида *B. cereus* кроме цереулида. А клетки *B. anthracis* синтезируют сибиреязвенный экзотоксин антракс [23].

Немаловажным этапом при оценке биобезопасности штаммов *Bacillus* spp. является определение их токсичности в условиях *in vivo*. Для этого могут использоваться культуры клеток (Hep2, Vero) и животные модели (мыши, кролики и пр.) [23; 28].

Несмотря на то, что описанные выше виды бацилл с патогенными свойствами относятся к группе *Bacillus cereus*, в составе данного комплекса известны и безопасные бактерии, входящие в состав зарегистрированных и разрешенных биопрепаратов. Например, кормовая добавка «Тоуосерин» содержит штамм *B. toyonensis* BCT-7112T. Данный микроорганизм относится к безопасным, так как гены токсинов либо полностью отсутствуют в его геноме, либо являются нефункциональными [24].

Бактерии из группы *B. subtilis* классически воспринимаются как биобезопасные, при этом в ряде исследований приведены данные о наличии у некоторых штаммов этих видов генов и способности к продукции токсинов, ранее выявляемых у представителей группы *B. cereus* [17; 31]. Поэто-

му оценка всех новых штаммов рода *Bacillus* по критериям биологической безвредности перед их промышленным использованием является важным этапом разработки биопрепаратов.

Цель исследования – оценить биобезопасность природных штаммов *Bacillus* spp., обладающих ценными биотехнологическими свойствами.

Материалы и методы

Используемые штаммы. В качестве объектов исследования использовали штаммы рода *Bacillus* из коллекции ИЦ «Промбиотех», представленные в таблице 1. Все они выделены из объектов окружающей среды и задепонированы в отечественных коллекциях микроорганизмов (Все-российской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) или Сетевой биоресурсной коллекции в области генетических технологий для сельского хозяйства (ВКСМ)), часть – запатентованы.

Таблица 1.

Штаммы *Bacillus* spp., использованные в исследовании

№	Вид и авторский номер	Номер штамма в коллекциях (ВКПМ/ВКСМ) /номер патента	Полезные свойства
1	<i>B. pumilus</i> 4	RCAM05516/ Пат. 2797825	антагонисты к фитопатогенным микромицетам, стимуляторы роста растений
2	<i>B. pumilus</i> 7	RCAM05517/ Пат. 2797699	
3	<i>B. pumilus</i> 16	В-13250/ Пат. 2694522	антагонисты к патогенам человека и животных, стимуляторы роста аквакультуры
4	<i>B. toyonensis</i> 15	В-13249/ Пат. 2693439	
5	<i>B. licheniformis</i> 6	-/-	антагонисты к патогенам человека и животных
6	<i>B. licheniformis</i> 8	-/-	
7	<i>B. mojavensis</i> 9	RCAM05965/ Пат. 2804275	
8	<i>B. subtilis</i> 1/8	RCAM06733/-	
9	<i>B. atrophaeus</i> 1	RCAM06422/-	
10	<i>B. atrophaeus</i> 7	RCAM06423/ Пат. 2821008	

Примечание: «-» – не задепонирован и/или не запатентован

В качестве положительного контроля в экспериментах использовали штаммы *B. cereus* Gnz1 В-8163 (для энтеротоксинов, определения токсичности на мышинной модели) и *B. cereus* JL452 (В-11257) (для цереулида) из Государственной Коллекции Патогенных Микроорганизмов (ГКПМ) «Оболенск».

Определение ферментов патогенности. Энзиматическую активность определяли качественно чашечными методами на агаризованных средах согласно методам, описанным ранее [1; 4; 7]. Для определения гемолитической, фосфатазной и лецитиназной активностей использовали среду Хоттингера с добавлением 5 % дефибринированной крови крупного рогатого скота, 0,001 % фенолфталейнфосфата натрия или 10 % желтка куриного яйца соответственно. Оценку рибонуклеазной активности проводили на МПА с добавлением 0,5, 1,0 или 2,0 мг/мл нуклеиновой кислоты (дрожжевой РНК).

Определение профиля генов синтеза энтеротоксинов и цереулидсинтетазы рвотного токсина (cytK, hblC, entFM, nheA, ces) по ПЦР-тест-системе. На данном этапе использовали прототип ПЦР-тест-системы, разработанной в ФБУН ГНЦ ПМБ [9]. ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ) проводили с использованием термоциклера «CFX96» (Bio-Rad, США) и 2,5х реакционной смеси для проведения ПЦР-РВ «ПЦР-Комплект» (Синтол, Россия) согласно инструкции производителя, с добавлением сконструированных праймеров и зондов (табл. 2). В качестве матрицы использовали ДНК исследуемых штаммов (5–20 нг ДНК на реакцию).

Таблица 2.

Олигонуклеотиды для выявления генов синтеза энтеротоксинов и цереулида

Название олигонуклеотида	SEQ ID No.	Флюорофор	Последовательность 5' -3'	Детектируемый токсин
2cytKF	1		tctcgacatatctatatgaatctgatgc	Цитотоксин К
2cytKR	2		agttccaaatgtgtagcctggacg	
2cytKZ	3	(ROX)	ggtttctctcctggtatgatcgctgtt	
2nheA F	4		cagggttattggttacagcagtatctacg	Негемолитический энтеротоксин А
2nheA R	5		caattagcttcggattatattcatcaatcc	
2nheA Z	6	(ROX)	cttacgcctaaggaggggcaaacggaagt	
hblC-F2	7		ttcctcttcattacgaaaattagggtgc	Гемолизин BL
hblC-R2	8		tcgtcatagccatttctgaagtacttc	
hblC-Z2	9	(FAM)	cctaatacaacaagatatgaaggaat-ggtca	
2entFM F	10		caaaactgggtggtcttatgtgttaacact	Энтеротоксин FM
2entFM R	11		ttacaaaacttaacgaagtctgcacttacgt	
2entFM Z	12	(RG6)	agctacatacaacgctgtaatcggtgg	
cesTF	13		tgctctggtaaatggctaatacgga	Цереулид
cesTR	14		ggtcatagtatgggtgctttggcag	
cesTZ	15	(FAM)	cgatatcgcggtgcttctctcca	

Разработанный прототип ПЦР-тест-системы использовали в две стадии, так как наличие гена не эквивалентно экспрессии соответствующего-белка. На первом этапе проводили детекцию соответствующих генов в ДНК, выделенных из исследуемых штаммов. На второй стадии анализа выделяли из этих же штаммов РНК, и проводили реакцию последующей обратной транскрипции (с помощью наборов реагентов «РИБО-Преп» и «РЕВРЕТА-L», соответственно) с повторной постановкой ПЦР с полученной кДНК. Вывод об экспрессии целевого гена делали по превышению сигнала по соответствующему каналу над сигналом внутреннего контрольного образца, полученного благодаря наличию остаточной ДНК в препарате.

Определение токсичности супернатантов штаммов Bacillus spp. на мышинной модели. Надосадочные жидкости получали следующим образом: осуществляли посев споровой суспензии каждого штамма бацилл в 100 мл жидкой среды ВНИ (Condalab, Испания) (посевная доза – 1×10^4 спор на 1 мл среды), культивирование проводили при температуре 37 °C и 120 об/мин в течение 18 часов. Полученные культуральные жидкости центрифугировали в течение 10 мин при 8000 об/мин. Супернатанты замораживали при температуре – 70 °C.

Все протоколы экспериментов были одобрены комитетом по биоэтике ФБУН ГНЦ ПМБ. Работы выполняли в соответствии с руководством и правилами Евросоюза по обращению, уходу и защите лабораторных животных [18] и ГОСТ 33216-2014 [8]. Животных разделили на 12 групп: 1–10 – опытные (исследуемые штаммы), 11 – положительный контроль (*B. cereus* Gnz1 B-8163), 12 – отрицательный контроль (стерильная среда ВНИ). Заражение проводили однократно внутрибрюшинной инъекцией в объеме 500 мкл. Были использованы нелинейные мыши в возрасте 18–20 дней, по три мыши на каждую группу. Наблюдение за животными проводили в течение 7 дней. Выжившие животные были гуманно эвтаназированы ингаляцией CO₂.

Результаты и обсуждение

Детекция ферментов агрессии у исследуемых штаммов рода Bacillus. В ходе составления профиля ферментов патогенности бацилл было установлено, что для всех штаммов характерно проявление хотя бы одного типа энзиматической активности (*B. mojavensis* 9 и *B. atrophaeus* 7). Максимальный спектр биохимических реакций – 3 положительных теста из 4 был отмечен для видов *B. pumilus*, *B. toyonensis* и штамма *B. licheniformis* 6. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Продукция ферментов патогенности исследуемыми штаммами бацилл

№	Штаммы	Ферментативные активности			
		Гемолитическая	Фосфатазная	Лецитиназная	РНК-ная
1	<i>B. pumilus</i> 4	+	+	-	+
2	<i>B. pumilus</i> 7	+	+	-	+
3	<i>B. pumilus</i> 16	+	+	-	+-
4	<i>B. toyonensis</i> 15	+	+	-	+-
5	<i>B. licheniformis</i> 6	+-	+	-	+
6	<i>B. licheniformis</i> 8	+	-	-	+
7	<i>B. mojavensis</i> 9	-	-	-	+-
8	<i>B. subtilis</i> 1/8	+	-	-	+-
9	<i>B. atrophaeus</i> 1	-	+	-	+
10	<i>B. atrophaeus</i> 7	-	-	-	+

Примечание: «+» – положительная реакция, «+-» – слабая реакция, «-» – отрицательная реакция

Литературные данные по ферментам патогенности у микроорганизмов неоднозначны. Считается, что у пробиотических штаммов должна отсутствовать гемолитическая активность [26]. Например, в работе Kim et al. [34], для изолята *B. subtilis* IDCC1101, рекомендуемого для индустриального применения, чашечным методом не был зафиксирован гемолиз, но при этом в ходе секвенирования был обнаружен ген, кодирующий предполагаемую мембранную гидролазу (hlyIII). Также известно, что биосурфактанты бацилл, обладающие антимикробными, инсектицидными, эмульгирующими и низкотоксичными свойствами, способны вызывать лизис кровяного агара [22]. В нашем же исследовании гемолиз не вызвали только 3 штамма из 10 изученных, однако выявление механизма реализации данной активности требует дополнительных исследований.

Нуклеазная активность является одним из важных факторов патогенности и генотоксичности микоплазм и энтеробактерий. При этом РНК-азы бацилл относят к неиммунотоксичным. Кроме того, в последние годы активно изучается их противоопухолевая и антивирусная активность [6; 4; 11]. В рамках данного исследования для всех изучаемых штаммов *Bacillus* spp. была зафиксирована рибонуклеазная активность. Самые большие зоны деполимеризации РНК были выявлены для штаммов *B. licheniformis* 6 и *B. atrophaeus* 1 (размер области деструкции РНК превышал зону микробного роста в 10 и 8 раз соответственно).

Активность фосфатаз также относится к многочисленным механизмам бактериальной вирулентности. Данные ферменты участвуют в развитии инфекционного процесса, вызываемого *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa* и др. При этом щелочные фосфатазы являются одними из ключевых внеклеточных энзимов бактерий, которые используются во многих реакциях, сопряженных с фосфорилированием, поэтому данные ферменты широко распространены в природе [15; 27]. Например, в работе Сульдиной с соавторами [2] ген, кодирующий фосфатазу, был детектирован у всех исследуемых штаммов *B. subtilis*. В нашем исследовании фосфатазная активность была подтверждена у 6 из 10 изученных штаммов бацилл.

Лецитиназа (фосфолипаза) может участвовать в разрушении клеточных мембран, поэтому присутствие данного фермента в пищевых продуктах может расцениваться как индикатор их токсичности. В качестве продуцентов данного энзима рассматриваются виды *B. cereus*, *B. mycoides* и *B. thuringiensis* [35]. При этом имеются литературные данные, свидетельствующие, что по лецитиназному тесту можно достоверно отличить *B. subtilis* от *B. cereus* [5]. Однако известны и противоречивые факты. Например, в работе Phelps et al. [31] ряд штаммов *B. subtilis* обладали положительной реакцией на лецитиназу. В нашем исследовании для всех штаммов бацилл установили отрицательную лецитиназную активность, даже для штамма *B. toyonensis* 15 из группы *B. cereus*. Хотя по литературным данным известны изоляты этого вида, которые продуцируют лецитиназу [32].

Выявление способности к синтезу токсинов у изучаемых штаммов Bacillus spp. В соответствии с полученными данными ПЦР–РВ для всех десяти исследуемых штаммов по пяти генам токсинов (цитотоксин К, негемолитический энтеротоксин А, гемолизин BL, энтеротоксин FM и цереулид) был получен отрицательный результат. Так как не были детектированы ни соответствующие гены в ДНК изучаемых штаммов бацилл, ни экспрессия генов на втором этапе анализа. Поэтому положительная гемолитическая активность 7 из 10 штаммов рода *Bacillus* не может быть обусловлена синтезом гемолизина BL.

Для контрольных штаммов *B. cereus* Gnz1 B-8163 и *B. cereus* JL452 B-11257 было выявлено наличие генов (cyt K, hblC, entFM, nheA и ces) и способность к продукции энтеротоксинов и цереулида соответственно. Что подтверждает работоспособность разработанного прототипа ПЦР-тест-системы и отсутствие токсического потенциала у исследуемых штаммов *Bacillus spp.* Однако, согласно литературным данным, в геноме

бацилл могут содержаться ген/гены токсинообразования, но их экспрессия при этом может не происходить [24; 31]. Поэтому для правомерного заключения о нетоксичности изучаемых культур необходимы исследования *in vivo*.

Оценка токсичности изучаемых штаммов бацилл на мышинной модели. В результате экспериментов установлено, что острый токсический эффект у подопытных мышей от действия супернатантов всех исследуемых штаммов *Bacillus* spp. отсутствует, поскольку все животные остались живы, как и в группе отрицательного контроля. Значимых изменений в поведении животных, а также при проведении визуального патоморфологического исследования зафиксировать не удалось. Только лёгкий отёк в месте введения.

При этом штамм *B. cereus* Gnz1 B-8163, продуцирующий все проверенные токсины, в концентрации 1×10^4 спор на 1 мл среды вызвал абсолютную летальность экспериментальных мышей в группе положительного контроля. Гибель животных в одиннадцатой группе произошла в первые сутки наблюдения. Среди характерных признаков наблюдались судороги задних конечностей в первый час после заражения, угасание двигательной активности. Патолого-морфологических изменений органов после вскрытия животных не наблюдалось.

В соответствии с литературными данными, отсутствие токсического эффекта может быть зафиксировано как для представителей группы *B. subtilis*, так и комплекса *B. cereus*. Например, в работе Файрушина с соавторами [12] доказано, что штамм *B. subtilis* 11В не проявляет токсичности и токсигенности в экспериментах на белых мышах. Шеина и др. [9] установили, что штамм *B. thuringiensis* ssp. *toumanoffi* 25 не обладает общим токсическим действием на крыс.

Заключение

При оценке биобезопасности микроорганизмов необходимо проводить исследования, опирающиеся не на один детерминант патогенности. Все изученные штаммы *Bacillus* spp. не являются этиологическими агентами пищевых токсикоинфекций у человека и животных, так как не синтезируют токсины CytK, NHE, HBL, EntFM и Cer. Кроме того, в исследованиях *in vivo* подтверждено отсутствие острой токсичности исследуемых бацилл на мышинной модели. Однако для установления механизмов гемолитической и фосфатазной активностей культур необходимы дополнительные исследования.

Список литературы

1. Бороздина, И.Б. (2011). Сравнительная характеристика бактерий рода *Bacillus* семейства Берёзовые (*Betulaceae*) при культивировании на искусственных питательных средах. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2, 43-48. EDN: <https://elibrary.ru/ncxvtr>
2. Сульдина, Е.В., Феоктистова, Н.А., Богданов, И.И. & Молофеева, Н.И. (2021). Выявление генов ферментов у бактерий вида *Bacillus subtilis* методом REALTIME PCR. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 4(56), 61-65. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-4-61-65> EDN: <https://elibrary.ru/rzcvqv>
3. ГОСТ 33216-2014. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами. М.: Стандартинформ, 2016. 17 с.
4. Журавлёв, П.В., Алешня, В.В. & Панасовец, О.П. (2018). Ферменты патогенности у бактерий, выделенных из воды открытых водоёмов. *Здоровье населения и среда обитания*, 1(298), 11-14. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-298-1-11-14> EDN: <https://elibrary.ru/ytzsrtr>
5. Иванова, А.Ю., Полосенко, О.В. & Шепелин, А.П. (2022). Разработка и оценка качества отечественной питательной среды для идентификации *Bacillus cereus* и *Bacillus subtilis*. *Бактериология*, 7(1), 18-24. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2022-1-18-24> EDN: <https://elibrary.ru/sxlbdp>
6. Хайруллин, Р.М., Бурханова, Г.Ф., Сорокань, А.В., Сарварова, Е.Р., Веселова, С.В., Черепанова, Е.А., Вологин, С.Г., Замалиева, Ф.Ф. & Максимов, И.В. (2019). К механизмам противовирусной активности бактерий рода *Bacillus subtilis* на растениях картофеля. *Теоретическая и прикладная экология*, 4, 130-135. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-4-130-135> EDN: <https://elibrary.ru/bmhxvq>
7. Маринин, Л.И., Дятлов, И.А. & Мокриевич, А.Н. (2021). *Методы изучения биологических и молекулярно-генетических свойств возбудителя сибирской язвы*. М.: Издательство «Династия», 240 с. ISBN: 978-5-98125-122-1 EDN: <https://elibrary.ru/lbrswq>
8. Набор олигонуклеотидных праймеров и флуоресцентно-меченых зондов для индикации цереулида и диарейных энтеротоксинов *Bacillus cereus* complex с помощью ПЦР-РВ. Патентная заявка № 2024121115.
9. Шеина, Н.И., Буданова, Е.В., Мялина, Л.И., Сазонова, Л.П. & Колесникова, В.В. (2018). Новые сведения о токсичности и опасности химических и биологических веществ. Микроорганизм *Bacillus thuringiensis* ssp. *toumanoffi* 25. *Токсикологический вестник*, 1, 135-137. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2018-1-35-37> EDN: <https://elibrary.ru/yrshqg>

10. Байдалинов, А.И., Шемшура, О.Н., Исмаилова, Э.Т., Джакибаева, Г.Т., Тлеубекова, Д.А., Баймаханова, Г.Б. & Кенжеев, Ш.Т. (2022). Оценка биобезопасности штамма *Bacillus amyloliquefaciens* МВ40, перспективного в качестве основы биопрепарата против бактериального ожога плодовых культур. *Микробиология және вирусология*, 4(35), 38-47. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2021.04.03> EDN: <https://elibrary.ru/xdjpms>
11. Ильинская, О.Н., Сокурено, Ю.В., Ульянова, В.В., Вершинина, В.И., Зеленихин, П.В., Колпаков, А.И., Медведева, Е.С., Баранова, Н.Б., Давыдова, М.Н., Музыкантов, А.А. & Чернова, О.А., Чернов, В.М. (2014). Рибонуклеолитическая активность микоплазм. *Микробиология*, 83(3), 320-327. <https://doi.org/10.7868/S0026365614030070> EDN: <https://elibrary.ru/sbvwwf>
12. Файрушин, Р.Н., Ганиева, Р.Ф. & Шарипов, А.Р. (2022). Оценка общей токсичности пробиотика Витафорт на лабораторных животных и его иммунного действия на организм телят. В: *Сборник научных трудов двенадцатой международной межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате partners*. Москва, 463-468. EDN: <https://elibrary.ru/htfayl>
13. Феоктистова, Н.А., Васильев, Д.А. & Климушкин, Е.И. (2015). Подбор перспективного производственного штамма *Bacillus anthracis* для конструирования фагового биопрепарата. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 3(31), 69-75. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2015-3-69-75> EDN: <https://elibrary.ru/umibbh>
14. Шеина, Н.И. (2012). Критерии оценки биобезопасности микроорганизмов, используемых в биотехнологической промышленности. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 6(142), 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/pdqwfn>
15. Балабанова, Л.А., Сейткалиева, А.В., Сон, О.М. & Текутьева, Л.А. (2023). Щелочные фосфатазы: распространение в природе и биологические функции. Чебоксары: Среда, 144 с. <https://doi.org/10.31483/a-10570> ISBN: 978-5-907688-94-0 EDN: <https://elibrary.ru/cwswcz>
16. Abdulateef, S.A., Owaiif, H.A.A. & Hussein, M.H. (2023). Importance of Virulence Factors in Bacterial Pathogenicity: A Review. *International Journal of Medical Science and Clinical Research Studies*, 3, 765-769. <https://doi.org/10.47191/ijmscrs/v3-i4-35> EDN: <https://elibrary.ru/anbklb>
17. Yoo, J.G., Chang, J.-H., Kim, S., Ji, J.-Y., Hong, S.-W. & Park, B.-Y., Oh, M.-H. (2014). Analysis of emetic toxin production by *Bacillus* species using cellular cytotoxicity, molecular, and chromatographic assays. *Biotechnology and Bio-process Engineering*, 19, 978-983. <https://doi.org/10.1007/s12257-014-0574-7> EDN: <https://elibrary.ru/xbjteb>

18. Animals in science. EU actions for the protection of animals used for scientific purposes. [Электронный ресурс]. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/animals-science_en
19. Tuipulotu, D.E., Mathur, A., Ngo, C. & Man, S.M. (2021). *Bacillus cereus*: Epidemiology, Virulence Factors, and Host-Pathogen Interactions. *Trends in Microbiology*, 29, 458-471. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.09.003> EDN: <https://elibrary.ru/azuevz>
20. Baidara, P. & Aslam, B. (2023). Editorial: *Bacillus spp.* - Transmission, pathogenesis, host-pathogen interaction, prevention and treatment. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1307723> EDN: <https://elibrary.ru/oxhdcx>
21. Sheina, N.I., Budanova, E.V., Pivovarov, Y. & Sazonova, L. (2017). Biosafety Assessment of Microbial Strains Used in Biotechnology According to Their Taxonomy. *International Journal of Biomedicine*, 7, 51-56. [https://doi.org/10.21103/Article7\(1\)_OA6](https://doi.org/10.21103/Article7(1)_OA6) EDN: <https://elibrary.ru/yginip>
22. Liu, J., Fang, C., Jiang, Y. & Yan, R. (2009). Characterization of a Hemolysin Gene *ytjA* from *Bacillus subtilis*. *Current Microbiology*, 58(6), 642-647. <https://doi.org/10.1007/s00284-009-9383-1> EDN: <https://elibrary.ru/xwzkzn>
23. Ehling-Schulz, M., Lereclus, D. & Koehler, T.M. (2019). The *Bacillus cereus* group: *Bacillus* species with pathogenic potential. *Microbiology Spectrum*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0032-2018> EDN: <https://elibrary.ru/kvmmgq>
24. Abdulmawjood, A., Herrmann, J., Riede, S., Jimenez, G., Becker, A. & Breves, G. (2019). Evaluation of enterotoxin gene expression and enterotoxin production capacity of the probiotic strain *Bacillus toyonensis* BCT-7112T. *PLoS One*, 14, 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214536>
25. Bamba, T., Aoki, R., Hori, Y., Ishikawa, S., Yoshida, K.I., Taoka, N., Kobayashi, S., Yasueda, H., Kondo, A. & Hasunuma, T. (2024). High-throughput evaluation of hemolytic activity through precise measurement of colony and hemolytic zone sizes of engineered *Bacillus subtilis* on blood agar. *Biology Methods and Protocols*, 9. <https://doi.org/10.1093/biomed/bpae044> EDN: <https://elibrary.ru/wudxjv>
26. Halder, D., Mandal, M., Chatterjee, S.S., Pal, N.K. & Mandal, S. (2017). Indigenous Probiotic *Lactobacillus* Isolates Presenting Antibiotic like Activity against Human Pathogenic Bacteria. *Biomedicines*, 5. <https://doi.org/10.3390/biomedicines5020031>
27. Kuban-Jankowska, A., Kostrzewa, T. & Gorska-Ponikowska, M. (2022). Bacterial Protein Tyrosine Phosphatases as Possible Targets for Antimicrobial Thera-

- pies in Response to Antibiotic Resistance. *Antioxidants (Basel)*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/antiox11122397> EDN: <https://elibrary.ru/pliksr>
28. Rolny, I.S., Ivanna, S.R., Minnaard, J., Racedo, S.M. & Perez, P.F. (2014). Mouse model of gastrointestinal *Bacillus cereus* infection. *Journal of Medical Microbiology*, 63, 1741-1749. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.079939-0>
29. Microbiological agents as notified to EFSA. [Электронный ресурс]. URL: <https://zenodo.org/records/12793271>
30. Caulier, S., Nannan, C., Gillis, A., Licciardi, F., Bragard, F. & Mahillon, J. (2019). Overview of the Antimicrobial Compounds Produced by Members of the *Bacillus subtilis* Group. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00302> EDN: <https://elibrary.ru/zyggwt>
31. Phelps, R.J. & McKillip, J.L. (2002). Enterotoxin Production in Natural Isolates of Bacillaceae outside the *Bacillus cereus* Group. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(6), 3147-3151. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.6.3147-3151.2002>
32. Roca, A., Cabeo, M., Enguidanos, C., Martínez-Checa, F., Sampedro, I. & Llamas, I. (2024). Potential of the quorum-quenching and plant-growth promoting halotolerant *Bacillus toyonensis* AA1EC1 as biocontrol agent. *Microbial Biotechnology*, 17. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14420> EDN: <https://elibrary.ru/nibfbm>
33. Qualified presumption of safety (QPS). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/qualified-presumption-safety-qps>
34. Kim, S.-H., Yehuala, G.A., Bang, W.Y., Yang, J., Jung, Y.H. & Park, M.-K. (2022). Safety Evaluation of *Bacillus subtilis* IDCC1101, Newly Isolated from Cheonggukjang, for Industrial Applications. *Microorganisms*, 10. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122494> EDN: <https://elibrary.ru/fsdvwb>
35. Sharaf, E.F., El-Sayed, W.S. & Abosaif, R.M. (2018). Lecithinase-producing bacteria in commercial and home-made foods: Evaluation of toxic properties and identification of potent producers. *Journal of Taibah University for Science*, 8, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.jtusc.2014.03.006>
36. Soni, J., Sinha, S. & Pandey, R. (2024). Understanding bacterial pathogenicity: a closer look at the journey of harmful microbes. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1370818> EDN: <https://elibrary.ru/rqmuxt>
37. Jeżewska-Frąckowiak, J., Seroczyńska, K., Banaszczyk, J., Jedrzejczak, G., Żylicz-Stachula, A. & Skowron, P.M. (2018). The promises and risks of probiotic *Bacillus* species. *Acta biochimica Polonica*, 65, 509-519. https://doi.org/10.18388/abp.2018_2652 EDN: <https://elibrary.ru/upxvcn>

References

1. Borozdina, I. B. (2011). Comparative characteristics of *Bacillus* bacteria of the *Betulaceae* family when cultured on artificial nutrient media. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2, 43-48. EDN: <https://elibrary.ru/ncxvir>
2. Suldina, E. V., Feoktistova, N. A., Bogdanov, I. I., & Molofeeva, N. I. (2021). Detection of enzyme genes in *Bacillus subtilis* bacteria using REALTIME PCR. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 4(56), 61-65. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-4-61-65> EDN: <https://elibrary.ru/rzcvqv>
3. *GOST 33216-2014. Guidelines for the maintenance and care of laboratory animals. Rules for the maintenance and care of laboratory rodents and rabbits.* Moscow: Standartinform, 2016, 17 p.
4. Zhuravlev, P. V., Aleshnya, V. V., & Panasovets, O. P. (2018). Pathogenic enzymes in bacteria isolated from open water bodies. *Public Health and Habitat*, 1(298), 11-14. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-298-1-11-14> EDN: <https://elibrary.ru/ytzsrt>
5. Ivanova, A. Yu., Polosenko, O. V., & Shepelin, A. P. (2022). Development and quality assessment of domestic nutrient medium for identification of *Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis*. *Bacteriology*, 7(1), 18-24. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2022-1-18-24> EDN: <https://elibrary.ru/sxlbdp>
6. Khairullin, R. M., Burkhanova, G. F., Sorokan, A. V., Sarvarova, E. R., Veselova, S. V., Cherepanova, E. A., Vologin, S. G., Zamalieva, F. F., & Maksimov, I. V. (2019). On the mechanisms of antiviral activity of *Bacillus subtilis* bacteria in potato plants. *Theoretical and Applied Ecology*, 4, 130-135. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-4-130-135> EDN: <https://elibrary.ru/bmhxvq>
7. Marinin, L. I., Dyatlov, I. A., & Mokrievich, A. N. (2021). *Methods for studying biological and molecular genetic properties of anthrax pathogen.* Moscow: Dynasty Publishing House, 240 p. ISBN: 978-5-98125-122-1 EDN: <https://elibrary.ru/lbrswq>
8. Set of oligodeoxyribonucleotide primers and fluorescently labeled probes for detection of cereulide and diarrheal enterotoxins of *Bacillus cereus* complex using RT-PCR. Patent application № 2024121115.
9. Sheina, N. I., Budanova, E. V., Mialina, L. I., Sazonova, L. P., & Kolesnikova, V. V. (2018). New information on toxicity and hazard of chemical and biological substances. Microorganism *Bacillus thuringiensis* ssp. *toumanoffi* 25. *Toxicological Bulletin*, 1, 135-137. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2018-1-35-37> EDN: <https://elibrary.ru/yrshqg>
10. Baidalinov, A. I., Shemshura, O. N., Ismailova, E. T., Dzhakibaeva, G. T., Tleubekova, D. A., Baimakhanova, G. B., & Kenzheev, Sh. T. (2022). Assessment

- of biosafety of *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain, promising as a basis for biopreparation against bacterial burn of fruit crops. *Microbiology and Virology*, 4(35), 38-47. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2021.04.03> EDN: <https://elibrary.ru/xdjpm>
11. Ilinskaya, O. N., Sokurenko, Yu. V., Ulyanova, V. V., Vershinina, V. I., Zelenikhin, P. V., Kolpakov, A. I., Medvedeva, E. S., Baranova, N. B., Davydova, M. N., Muzykantov, A. A., Chernova, O. A., & Chernov, V. M. (2014). Ribonucleolytic activity of mycoplasmas. *Microbiology*, 83(3), 320-327. <https://doi.org/10.7868/S0026365614030070> EDN: <https://elibrary.ru/sbvwwf>
 12. Fairushin, R. N., Ganieva, R. F., & Sharipov, A. R. (2022). Assessment of general toxicity of Vitafort probiotic on laboratory animals and its immune effect on calves' organism. In: *Collection of scientific works of the Twelfth International Interuniversity Conference on Clinical Veterinary Medicine in partners format*. Moscow, 463-468. EDN: <https://elibrary.ru/htfayl>
 13. Feoktistova, N. A., Vasiliev, D. A., & Klimushkin, E. I. (2015). Selection of promising industrial strain of *Bacillus anthracis* for designing phage biopreparation. *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 3(31), 69-75. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2015-3-69-75> EDN: <https://elibrary.ru/umibbh>
 14. Sheina, N. I. (2012). Criteria for assessing biosafety of microorganisms used in biotechnological industry. *Bulletin of Orenburg State University*, 6(142), 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/pdqwfn>
 15. Balabanova, L. A., Seitkalieva, A. V., Son, O. M., & Tekutieva, L. A. (2023). *Alkaline phosphatases: distribution in nature and biological functions*. Cheboksary: Sreda, 144 p. <https://doi.org/10.31483/a-10570> ISBN: 978-5-907688-94-0 EDN: <https://elibrary.ru/cwswcz>
 16. Abdulateef, S.A., Owaif, H.A.A. & Hussein, M.H. (2023). Importance of Virulence Factors in Bacterial Pathogenicity: A Review. *International Journal of Medical Science and Clinical Research Studies*, 3, 765-769. <https://doi.org/10.47191/ijmscrs/v3-i4-35> EDN: <https://elibrary.ru/anbklb>
 17. Yoo, J.G., Chang, J.-H., Kim, S., Ji, J.-Y., Hong, S.-W. & Park, B.-Y., Oh, M.-H. (2014). Analysis of emetic toxin production by *Bacillus* species using cellular cytotoxicity, molecular, and chromatographic assays. *Biotechnology and Bio-process Engineering*, 19, 978-983. <https://doi.org/10.1007/s12257-014-0574-7> EDN: <https://elibrary.ru/xbjteb>
 18. Animals in science. EU actions for the protection of animals used for scientific purposes. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/animals-science_en
 19. Tuipulotu, D.E., Mathur, A., Ngo, C. & Man, S.M. (2021). *Bacillus cereus*: Epidemiology, Virulence Factors, and Host-Pathogen Interactions. *Trends in Micro-*

- biology*, 29, 458-471. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.09.003> EDN: <https://elibrary.ru/azuevz>
20. Baindara, P. & Aslam, B. (2023). Editorial: *Bacillus spp.* - Transmission, pathogenesis, host-pathogen interaction, prevention and treatment. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1307723> EDN: <https://elibrary.ru/oxhdcx>
21. Sheina, N.I., Budanova, E.V., Pivovarov, Y. & Sazonova, L. (2017). Bio-safety Assessment of Microbial Strains Used in Biotechnology According to Their Taxonomy. *International Journal of Biomedicine*, 7, 51-56. [https://doi.org/10.21103/Article7\(1\)_OA6](https://doi.org/10.21103/Article7(1)_OA6) EDN: <https://elibrary.ru/yginip>
22. Liu, J., Fang, C., Jiang, Y. & Yan, R. (2009). Characterization of a Hemolysin Gene *ytjA* from *Bacillus subtilis*. *Current Microbiology*, 58(6), 642-647. <https://doi.org/10.1007/s00284-009-9383-1> EDN: <https://elibrary.ru/xwzkn>
23. Ehling-Schulz, M., Lereclus, D. & Koehler, T.M. (2019). The *Bacillus cereus* group: *Bacillus* species with pathogenic potential. *Microbiology Spectrum*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0032-2018> EDN: <https://elibrary.ru/kvmmgq>
24. Abdulmawjood, A., Herrmann, J., Riede, S., Jimenez, G., Becker, A. & Breves, G. (2019). Evaluation of enterotoxin gene expression and enterotoxin production capacity of the probiotic strain *Bacillus toyonensis* BCT-7112T. *PLoS One*, 14, 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214536>
25. Bamba, T., Aoki, R., Hori, Y., Ishikawa, S., Yoshida, K.I., Taoka, N., Kobayashi, S., Yasueda, H., Kondo, A. & Hasunuma, T. (2024). High-throughput evaluation of hemolytic activity through precise measurement of colony and hemolytic zone sizes of engineered *Bacillus subtilis* on blood agar. *Biology Methods and Protocols*, 9. <https://doi.org/10.1093/biomed/bpae044> EDN: <https://elibrary.ru/wudxjv>
26. Halder, D., Mandal, M., Chatterjee, S.S., Pal, N.K. & Mandal, S. (2017). Indigenous Probiotic *Lactobacillus* Isolates Presenting Antibiotic like Activity against Human Pathogenic Bacteria. *Biomedicines*, 5. <https://doi.org/10.3390/biomedicines5020031>
27. Kuban-Jankowska, A., Kostrzewa, T. & Gorska-Ponikowska, M. (2022). Bacterial Protein Tyrosine Phosphatases as Possible Targets for Antimicrobial Therapies in Response to Antibiotic Resistance. *Antioxidants (Basel)*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/antiox11122397> EDN: <https://elibrary.ru/pliksr>
28. Rolny, I.S., Ivanna, S.R., Minnaard, J., Racedo, S.M. & Perez, P.F. (2014). Mouse model of gastrointestinal *Bacillus cereus* infection. *Journal of Medical Microbiology*, 63, 1741-1749. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.079939-0>

29. Microbiological agents as notified to EFSA. URL: <https://zenodo.org/records/12793271>
30. Caulier, S., Nannan, C., Gillis, A., Licciardi, F., Bragard, F. & Mahillon, J. (2019). Overview of the Antimicrobial Compounds Produced by Members of the *Bacillus subtilis* Group. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00302> EDN: <https://elibrary.ru/zyggwt>
31. Phelps, R.J. & McKillip, J.L. (2002). Enterotoxin Production in Natural Isolates of Bacillaceae outside the *Bacillus cereus* Group. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(6), 3147-3151. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.6.3147-3151.2002>
32. Roca, A., Cabeo, M., Enguidanos, C., Martínez-Checa, F., Sampedro, I. & Llamas, I. (2024). Potential of the quorum-quenching and plant-growth promoting halotolerant *Bacillus toyonensis* AA1EC1 as biocontrol agent. *Microbial Biotechnology*, 17. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14420> EDN: <https://elibrary.ru/nibfbm>
33. Qualified presumption of safety (QPS). URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/qualified-presumption-safety-qps>
34. Kim, S.-H., Yehuala, G.A., Bang, W.Y., Yang, J., Jung, Y.H. & Park, M.-K. (2022). Safety Evaluation of *Bacillus subtilis* IDCC1101, Newly Isolated from Cheonggukjang, for Industrial Applications. *Microorganisms*, 10. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122494> EDN: <https://elibrary.ru/fsdvwb>
35. Sharaf, E.F., El-Sayed, W.S. & Abosaif, R.M. (2018). Lecithinase-producing bacteria in commercial and home-made foods: Evaluation of toxic properties and identification of potent producers. *Journal of Taibah University for Science*, 8, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.03.006>
36. Soni, J., Sinha, S. & Pandey, R. (2024). Understanding bacterial pathogenicity: a closer look at the journey of harmful microbes. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1370818> EDN: <https://elibrary.ru/rqmuxt>
37. Jeżewska-Frąckowiak, J., Seroczyńska, K., Banaszczyk, J., Jedrzejczak, G., Żylicz-Stachula, A. & Skowron, P.M. (2018). The promises and risks of probiotic *Bacillus* species. *Acta biochimica Polonica*, 65, 509-519. https://doi.org/10.18388/abp.2018_2652 EDN: <https://elibrary.ru/upxvcn>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ирктова Алёна Николаевна, к.б.н., доцент, директор ИЦ «Промбиотех»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет»
проспект Ленина, 61, г. Барнаул, 656049, Алтайский край
elen171987@mail.ru

Дудник Дина Евгеньевна, младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет»

проспект Ленина, 61, г. Барнаул, 656049, Алтайский край

dudnik-dina@mail.ru

Малкова Ангелина Владимировна, к.б.н, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный университет»

проспект Ленина, 61, г. Барнаул, 656049, Алтайский край

gelishka96@mail.ru

Хлопова Ксения Вальерьевна, младший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии»

Территория «Квартал А», 24, п. Оболенск, г. Серпухов, 142279, Московская область

xlopova.12@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alena N. Irkitova, Cand. of Bio. Sc., Asc. Prof., Director Engineering Center “Prombiotech”

Altai State University

61, pr. Lenina, Barnaul, Altai Territory, 656049, Russian Federation

elen171987@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2664-1995>

Dina E. Dudnik, Junior Researcher

Altai State University

61, pr. Lenina, Barnaul, Altai Territory, 656049, Russian Federation

dudnik-dina@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2086-8144>

Angelina V. Malkova, Cand. of Bio. Sc., Researcher

Altai State University

61, pr. Lenina, Barnaul, Altai Territory, 656049, Russian Federation

gelishka96@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4053-036X>

Kseniya V. Khlopova, Junior Researcher

State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology

24, Territory "Kvartal A", Obolensk, Serpukhov, 142279, Moscow region, Russian Federation

xlopova.12@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7611-3608>

Поступила 08.11.2024

После рецензирования 05.12.2024

Принята 14.12.2024

Received 08.11.2024

Revised 05.12.2024

Accepted 14.12.2024