

Роль дождевых червей в распространении сибирской язвы

Л.И.Маринин, Н.А.Шишкова, А.Н.Мокриевич, И.А.Дятлов

ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора,
п. Оболенск, Московская область, Российская Федерация

В статье рассматривается вопрос вклада дождевых червей в распространение сибирской язвы в связи с длительной сохраняемостью возбудителя заболевания в почве скотомогильников. Представлены результаты оценки влияния дождевых червей на очищение почвы от возбудителя сибирской язвы и свойств микроорганизмов, выделенных из червей. Исследования показали, что под влиянием червей происходит снижение количества возбудителя сибирской язвы в почве на 30–50%, но оставшиеся споры не изменили своих свойств и сохранили все основные биологические и генетические факторы патогенности.

Ключевые слова: дождевые черви, возбудитель сибирской язвы, споровая культура, культивирование

Для цитирования: Маринин Л.И., Шишкова Н.А., Мокриевич А.Н., Дятлов И.А. Роль дождевых червей в распространении сибирской язвы. Бактериология. 2020; 5(4): 30–34. DOI: 10.20953/2500-1027-2020-4-30-34

The role of earthworms in the spread of anthrax

L.I.Marinin, N.A.Shishkova, A.N.Mokrievich, I.A.Dyatlov

State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology Rosпотребнадзор, Obolensk, Moscow region,
Russian Federation

The article discusses the issue of the danger of earthworms in the spread of anthrax in connection with the long-term persistence of the causative agent of the disease in the soil of cattle burial grounds. The results of assessing the effect of earthworms on soil cleansing from the anthrax pathogen and the properties of microorganisms isolated from worms are presented. Studies have shown that under the influence of worms, the amount of anthrax pathogen in the soil decreases by 30–50%, but the remaining spores did not change their properties and retained all the main biological and genetic factors of pathogenicity.

Key words: earthworms, anthrax causative agent, spore culture, cultivation

For citation: Marinin L.I., Shishkova N.A., Mokrievich A.N., Dyatlov I.A. The role of earthworms in the spread of anthrax. Bacteriology. 2020; 5(4): 30–34. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2020-4-30-34

Длительное время дискутируется вопрос о роли дождевых червей в эпидемиологии сибирской язвы. Аристотель называл дождевых червей кишечником земли. И это действительно так: пропуская через свой кишечник землю и растительные остатки, черви обогащают почву. Доказано, что черви питаются бактериями и грибами, пищеварительный тракт червей представляет собой особое место обитания микроорганизмов в почве. В кишечнике червей ускоряется размножение почвенных бактерий и прорастают споры грибов, черви способствуют расселению в почве микромицетов и сапрофитных бактерий, которые продуцируют антимикробные препараты.

Впервые о роли червей при сибирской язве высказался Л.Пастер. Он отметил обилие дождевых червей у зарытых трупов животных и предположил, что дождевые черви вы-

носят возбудителя сибирской язвы из глубины почвы на ее поверхность [1]. Р.Кох опровергал это заявление Л.Пастера. О.Bollinger проверил данное положение в эксперименте [2]. На пастбищах в Баварских Альпах, где часто встречались заболевания сибирской язвой, он добыл 72 червя. Тщательно очистив их, он растер червей в стерильной воде и полученную массу ввел животным (кроликам, морским свинкам и белым мышам). В одном случае получил гибель от сибирской язвы. На основании проведенных исследований был сделан вывод о правильности теории Л.Пастера.

В ответ на экстремальные условия среды обитания у дождевого червя сформировалась уникальная иммунная система, которая представлена антибиотической, ферментативной системой, комплексом специфических иммунных клеток и комплементарных белков [3].

Для корреспонденции:

Маринин Леонид Иванович, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии сибирской язвы отдела особо опасных инфекций ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Адрес: 142279, Московская область, Серпуховский р-н, п. Оболенск, ФБУН ГНЦ ПМБ
Телефон: (4967) 36-0003

Статья поступила 24.11.2020 г., принята к печати 25.12.2020 г.

For correspondence:

Leonid I. Marinin, MD, PhD, leading researcher laboratory of anthrax microbiology department of particularly dangerous infections, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology

Address: SRCAMB 142279 Obolensk, Serpukhov district, Moscow region, Russian Federation
Phone: (4967) 36-0003

The article was received 24.11.2020, accepted for publication 25.12.2020

Находясь в почве, дождевой червь выкапывает целую систему ходов. Отмечено, что большой выползок делает ходы до 2,5 м в глубину. Дождевой червь захватывает кусочки почвы губами и проглатывает ее. Проглотив достаточное количество земли, червь выползает на поверхность и выделяет остатки пищи. За сутки он пропускает через себя почву в количестве, примерно равном его массе. Поэтому он вполне может, например, вынести наверх споры бактерий, находящиеся как на его поверхности, так и в кишечнике. Было установлено, что в кишечнике червей споры могут сохраняться жизнеспособными до 6 мес. (срок наблюдения) [4]. Вынесенные споры длительное время остаются жизнеспособными на почве и на траве. Животные, поедая такую траву, заражаются сибирской язвой. Так, в 2006 г. в Пензенской области заболели животные, которых кормили сеном, заготовленным на территории незадокументированного скотомогильника. В республике Мордовия пало 55 животных, инфицирование которых произошло вследствие использования зеленого корма, заготовленного на территории в непосредственной близости от скотомогильника. Возбудитель сибирской язвы был выделен из образцов сена и травы, скошенной около скотомогильника. При проведении вынужденного убоя и контакте с мясом больных животных инфицировано 6 человек [5].

Черви могут быть опасны при непосредственном контакте с ними людей. Описаны случаи развития кожной формы сибирской язвы у любителей рыбалки [6].

Нами было проведено изучение влияния дождевых червей на очищение почвы от возбудителя сибирской язвы и свойств микроорганизмов, выделенных из червей. Для этого был отработан метод определения воздействия дождевых червей на сибиреязвенный микроб в почве. Попытки использования природных дождевых червей, особенно больших выползков, не дали положительных результатов – при содержании в лабораторных условиях черви погибали. Поэтому в работе использовали красных калифорнийских дождевых червей. Калифорнийский красный червь – новая порода дождевого червя *Eisenia foetida*, выведенная в Университете штата Калифорния в 1959 г. в результате гибридизации различных пород дождевого червя.

Цель работы: изучить роль дождевых червей в эпидемиологии сибирской язвы.

Материалы и методы

Калифорнийские дождевые черви (рис. 1) были получены из Центра токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов. Поступивших в лабораторию калифорнийских червей помещали в пластмассовый кювет, содержащий около 5 кг гумусной почвы с pH 7,0–7,5.

Питательный субстрат готовили заранее: слой плодородной огородной почвы, слой пищевого субстрата, сверху слой почвы. Приготовленный субстрат увлажняли: комочек субстрата после сжатия в руке и разжимания кулака не должен рассыпаться.

Готовность субстрата определяли следующим способом. На влажный субстрат клали десяток червей. Если черви в течение нескольких минут заползали в субстрат, значит, он готов к заселению червями. Червей заселяли вместе с пита-

тельным субстратом, равномерно распределяя их по поверхности. Верх емкости закрывали двумя слоями марли.

Для кормления червей использовали растительные остатки: кожуру бананов, кофейную гущу, спитой чай. Подкормку давали понемногу через 2–3 дня с условием, чтобы переработанный субстрат не накапливался.

Уход за червями сводился к поддержанию температуры, рыхлению почвы и поливу. Одно из ведущих условий в жизнедеятельности красных калифорнийских червей – влажность субстрата. Они очень чувствительны к колебаниям влажности, особенно к ее снижению. Также старались поддерживать оптимальную для червя температуру – 16–28°C. Черви не любят яркий свет, поэтому ящик помещали в затемненное место. Время от времени перемешивали субстрат для того, чтобы улучшить доступ кислорода.

В качестве питательных сред для культивирования *Bacillus anthracis* использовали LB-агар/бульон (по Луриа–Бертани), мясопептонный агар/бульон, а также дифференциально-диагностические питательные среды: среду с сорбитом и бромтимоловым синим и среду с фенолфталеинфосфатом натрия. В агаровые среды добавляли полимиксин из расчета 100 мкг/см³. Капсулообразование культур определяли на бикарбонатно-сывороточном агаре (по Green).

В работе использована споровая суспензия *B. anthracis* штамм 71/12 (второй вакцины Ценковского) из Государственной коллекции микроорганизмов ФБУН ГНЦ ПМБ.

Свойства культур определяли по существующим методикам [7, 8].

Результаты и обсуждение

По отработанной методике провели оценку эффективности использования дождевых червей при элиминации из почвы споровых и вегетативных форм сибиреязвенного микроба.

Калифорнийских дождевых червей в количестве 50 штук помещали в контейнер с землей (около 1 кг). В навески сухих опилок (100 г) вносили 10 см³ споровой суспензии *B. anthracis* с концентрацией 3×10^8 спор/см³. Затем опилки вносили в контейнер с почвой и тщательно перемешивали. В разные временные интервалы из хранившихся контейнеров отбирали образцы почвы, взвешивали их и добавляли



Рис. 1. Красный калифорнийский дождевой червь.

Таблица 1. Влияние дождевых червей на содержание микроорганизмов *B. anthracis* в почве

Срок хранения проб почвы, сутки	Номер пробы			
	1	2	3	4
0	$6,0 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$	$6,7 \times 10^6$
7	$6,2 \times 10^6$	$5,9 \times 10^6$	$4,0 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$
14	$6,0 \times 10^6$	$4,6 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	$7,0 \times 10^6$
28	$4,2 \times 10^6$	$1,9 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$
42	$4,6 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$3,4 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$
56	$3,4 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	$2,6 \times 10^6$	$3,8 \times 10^6$
63	$4,4 \times 10^6$	$3,8 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$
77	$2,9 \times 10^6$	$2,9 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$
90	$3,5 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$4,3 \times 10^6$

*Количество микроорганизмов в 1 г почвы в пробах.

равное по весу количество физиологического раствора. Колбы помещали в шейкер и встряхивали в течение одного часа. Затем отбирали 1 см³ суспензии и титровали методом десятикратных разведений.

Из соответствующих разведений делали высевы суспензии на плотные и в жидкие питательные среды. После 24 ч инкубирования при $36 \pm 1^\circ\text{C}$ определяли характер роста на питательных средах визуально или под малым увеличением микроскопа, обращали внимание на характер колонии на агаре, прозрачность бульона и вид осадка. Подсчитывали количество колоний, выросших на плотной питательной среде. Полученные результаты представлены в табл. 1.

На основании полученных данных можно сделать заключение о том, что в присутствии дождевых червей происходит снижение в почве количества сибиреязвенных бацилл (от 30 до 50%).

Одновременно изучили влияние дождевых червей на свойства возбудителя сибирской язвы, находящегося в почве [8]. В почву внесли спорую суспензию штамма *B. anthracis* и поместили калифорнийских червей. Через 20 и 30 дней наблюдения отобрали по 5 крупных особей, которых отмыли от почвы и растерли в ступках с песком. Суспензии высевали на дифференциально-диагностические питательные среды с полимиксином. В результате на 20-е и 30-е сутки после начала эксперимента были выделены культуры *B. anthracis*.

Были изучены биологические свойства выделенных культур – характер роста в жидкой и на плотной питательных средах, вирулентность для беспородных белых мышей. Из

клеток полученных культур выделили ДНК и поставили полимеразную цепную реакцию (ПЦР) с видоспецифическими праймерами [9].

При выращивании на плотных и жидких питательных средах выделенные штаммы проявляли типичные культурально-морфологические признаки (характер роста, морфология колоний и клеток). На агаризованной питательной среде вырастали плоские колонии различной величины, сероватого или серовато-белого цвета, сухие, матовые, шероховатые R- и RRO-форм.

В мазках, окрашенных по Граму, наблюдали крупные (от 1,0–1,3 до 3–10 мкм) грамположительные палочки с обрубленными или слегка закругленными концами, расположенные в цепочках.

В жидкой питательной среде отмечали рост на дне пробирки отдельными хлопьями или хлопком («комочек ваты»), бульон оставался прозрачным.

Выделенные культуры лизировали специфическими сибиреязвенными бактериофагами «Гамма А-26» и «Fah-VНИИВВиМ».

На специальных питательных средах (по Green) при культивировании в атмосфере углекислого газа вырастали крупные, выпуклые, блестящие, полупрозрачные гладкие колонии слизистой (мукоидной) консистенции. Процент капсулообразующих клеток у вновь выделенных культур не изменился по сравнению с исходной культурой и находился на уровне 90%.

Вирулентность выделенных из червей культур практически не имела отличий от величин исходного штамма – показатели LD₅₀ для белых мышей составили от 10 до 50 спор.

Провели генотипирование выделенных из червей штаммов. Из исходной культуры (штамма 71/12) и полученных культур выделили ДНК по методу щелочной денатурации Birnboim H.C., Doly J. [10]. ДНК выделяли из вегетативных клеток, выращенных в LB-бульоне с качанием в течение 16 ч.

На рис. 2 представлена элекрофореграмма полученных ДНК. Видно, что выделенные культуры не отличались от исходного штамма, на дорожках 2 и 3 визуализируется одна из двух сибиреязвенных плазмид.

Выделенные ДНК использовали в качестве матриц в ПЦР со специфическими праймерами на нуклеотидные последовательности плазмидной локализации возбудителя сибирской язвы. Были использованы пары праймеров, гомологичные участкам нуклеотидных последовательностей плазмид *B. anthracis* (табл. 2). Праймеры синтезированы в ЗАО «Синтол».

Таблица 2. Праймеры, использованные в ПЦР с культурами, выделенными от червей

Наименование	5' - 3' -последовательность	Ожидаемый размер фрагмента, п.о.
F1 pXO ₂ -	5' - GTCTTCTCGCACTATCAAGGCTCAATG -3'	355
R1 pXO ₂ -	5' - CTGCATTATTATCAATTGTTATATCAGG -3'	
F1lef-	5' - CCCTACACTAATTAACATAACCAAATTGG -3'	365
R1lef-	5' - GCTGTTACTAAACATGACATACTAATTAC -3'	
F1pag-	5' - CCTGTGCTTGAAACTAATATCGTAGAC -3'	375
R1pag-	5' - GTATACAGCATACACAATCTATTGAAGG -3'	
F1edema	5' - CTATAGCCTGTGAGGAGGATATAGCAAATAG -3'	405
R1edema	5' - CAGCTGAACTTTATCAACTTAGAATCTC -3'	

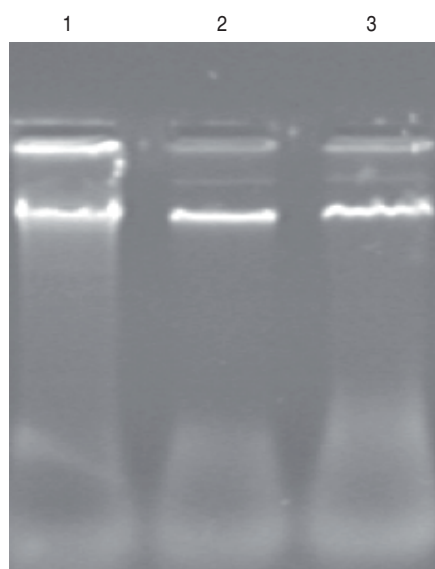


Рис. 2. Электрофореграмма препаратов ДНК, выделенных из клеток *B. anthracis*. 1 – ДНК из исходной культуры *B. anthracis* 71/12; 2 – ДНК из культуры после 20 дней инкубации; 3 – ДНК из культуры после 30 дней инкубации.

На рис. 3 представлена электрофореграмма результатов ПЦР с праймерами к генам, кодирующим факторы патогенности возбудителя сибирской язвы: rXO_2 – праймер к капсульному оперону (355 п.о.), *lef* – праймер к гену летального фактора сибиреязвенного токсина (365 п.о.), *pag* – праймер к гену протективного антигена сибиреязвенного токсина (375 п.о.), *edema* – праймер к гену отечного фактора сибиреязвенного токсина (405 п.о.).

Из приведенных данных следует, что выделенные на 20-й и 30-й день после начала эксперимента культуры не изменили своих свойств после контакта с калифорнийскими червями – сохранились все генетические детерминанты вирулентности. Пробы ДНК исходной культуры *B. anthracis* 71/12 и выделенных от червей субкультур амплифицировались с праймерами *pag*, *lef*, *edema* к последовательности генов плазмиды токсинообразования rXO_1 и праймерами rXO_2 к

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

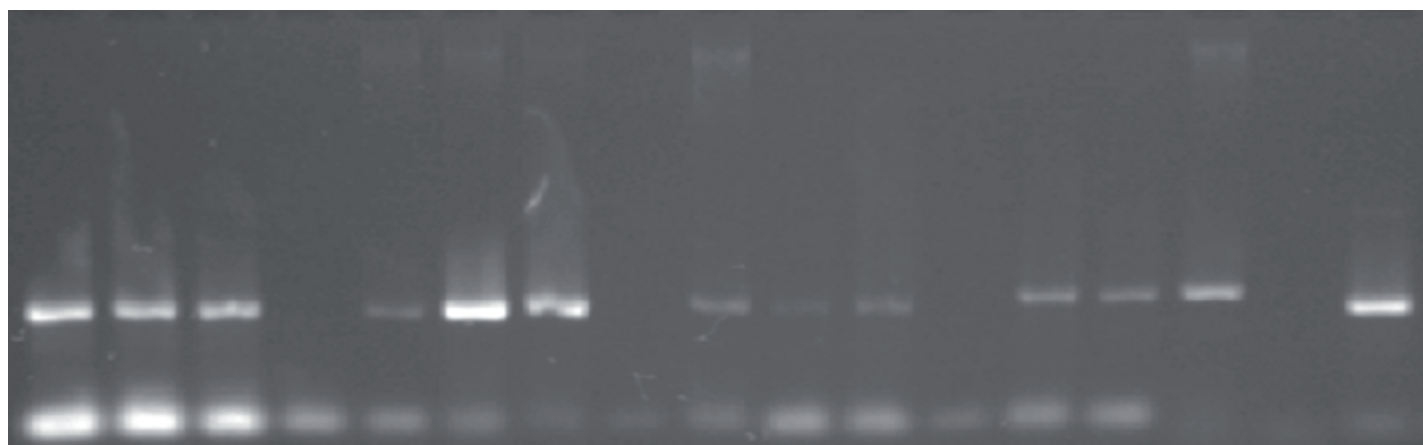


Рис. 3. Электрофореграмма результатов ПЦР с соответствующими праймерами к капсульному оперону и компонентам токсина препаратов ДНК *B. anthracis*. 1 – ДНК из культуры после 20 дней инкубации; 2 – ДНК из культуры после 30 дней инкубации; 3 – ДНК из исходной культуры *B. anthracis* 71/12; 4 – H_2O с праймером rXO_2 ; 5 – ДНК из культуры после 20 дней инкубации; 6 – ДНК из культуры после 30 дней инкубации; 7 – ДНК из исходной культуры *B. anthracis* 71/12; 8 – с праймером *lef*; 9 – ДНК из культуры после 20 дней инкубации; 10 – ДНК из культуры после 30 дней инкубации; 11 – ДНК из исходной культуры *B. anthracis* 71/12; 12 – с праймером *pag*; 13 – ДНК из культуры после 20 дней инкубации; 14 – ДНК из культуры после 30 дней инкубации; 15 – ДНК из исходной культуры *B. anthracis* 71/12; 16 – H_2O с праймером *edema*; 17 – М-маркер 362 п.о.

последовательности генов плазмиды капсулообразования сибиреязвенных штаммов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что пребывание сибиреязвенной культуры в организме дождевого червя не привело к утрате ни одной из двух плазмид, детерминирующих капсуло- и токсинообразование.

Заключение

Исследования показали, что под влиянием червей происходит снижение количества возбудителя сибирской язвы в почве на 30–50%, но оставшиеся споры не изменили своих свойств и сохранили все основные биологические и генетические факторы патогенности. Поэтому вынесенные червями на поверхность почвы споры длительное время остаются жизнеспособными на почве и на траве, представляя опасность для людей и животных.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора.

Financial support

The work was carried out within the framework of the sectorial program of Rosпотребнадзор.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

1. Пастер Л. Об этиологии сибирской язвы. Избр. труды. Изд. акад. наук СССР. Т. II. М., 1960, с. 547-558.
2. Bollinger O. Arbeiten aus dem pathologisch. Institut München, 1886, p. 5-13.
3. Стом ДИ, Балаян АЭ, Полехина СВ, Быбин ВА. Способ тестирования активности препаратов, полученных из дождевых червей. Патент на изобретение 2377561, 2008 - ГОУ ВПО Иркутский государственный университет. – 5 с.

4. Schuch R, Fischetti VA. The Secret Life of the Anthrax Agent *Bacillus anthracis*: Bacteriophage-Mediated Ecological Adaptations. PLoS ONE. 2009;4(8):e6532. DOI: 10.1371/journal.pone.0006532
5. Маринин ЛИ, Дятлов ИА, Шишкова НА., Герасимов ВН. Сибиреязвенные скотомогильники: проблемы и решения. М.: «Династия»; 2017, 216 с.
6. Тамиранов А. В двух шагах от сибирской язвы. Fa tamiranov.livejournal.com.352611.html
7. Маринин ЛИ, Дятлов ИА, Мокриевич АН, и др. Методы изучения биологических свойств возбудителя сибирской язвы. Учебно-методическое пособие. Под ред. Л.И.Маринина, И.А.Дятлова. М.: «Гигиена»; 2009, 304 с.
8. Шишкова НА, Платонов МЕ, Мокриевич АН, Светоч ТЭ, Маринин ЛИ. Изучение генетического разнообразия штаммов сибиреязвенного микроба из коллекции ГНЦ ПМБ. Проблемы особо опасных инфекций. 2010;2(104):60-5.
9. Шишкова НА, Маринин ЛИ, Мокриевич АН. Влияние дождевых червей на находящиеся в почве споры сибиреязвенного микроба. Проблемы особо опасных инфекций. 2012;1(111):66-69.
10. Плазмиды. Под ред. К.Харди. Методы. М.: Мир; 1990, с. 11-18.
9. Shishkova NA, Marinin LI, Mokrievich AN. Interaction between earthworms and soil-inhabiting anthrax microbe spores. Problemy Osobo Opasnykh Infektsii (Problems of Particularly Dangerous Infections). 2012;1(111):66-69. (In Russian).
10. Plazmidy. Edited by K.Khardi. Metody. Moscow: "Mir" Publ.; 1990, p. 11-18. (In Russian).

Информация об авторах:

Шишкова Нина Андреевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела особо опасных инфекций ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора
Адрес: 142279, Московская область, Серпуховский р-н, п. Оболенск, ФБУН ГНЦ ПМБ
Телефон: (4967) 36-0003

Мокриевич Александр Николаевич, доктор медицинских наук, заведующий отделом особо опасных инфекций ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора
Адрес: 142279, Московская область, Серпуховский р-н, п. Оболенск, ФБУН ГНЦ ПМБ
Телефон: (4967) 36-0003
E-mail: mokrievich@obolensk.org

Дятлов Иван Алексеевич, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора
Адрес: 142279, Московская обл., г.о. Серпухов, р.п. Оболенск, Территория «Квартал А», 24
Телефон: (4967) 36-0003
E-mail: dyatlov@obolensk.org

Information about authors:

Nina A. Shishkova, PhD (Biology), leading researcher of the department of highly dangerous infections, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology
Address: SRCAMB 142279 Obolensk, Serpukhov district, Moscow region, Russian Federation
Phone: (4967) 36-0003

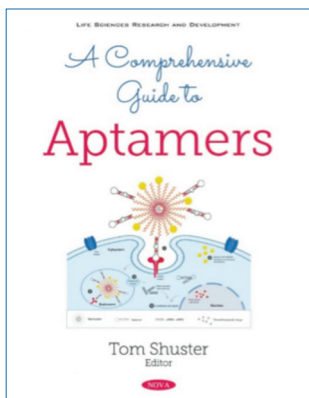
Alexander N. Mokrievich, MD, PhD, DSc, head of the department of highly dangerous infections, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology
Address: SRCAMB 142279 Obolensk, Serpukhov district, Moscow region, Russian Federation
Phone: (4967) 36-0003
E-mail: mokrievich@obolensk.org

Ivan A. Dyatlov, Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, PhD, DSc, professor, Director of the State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology
Address: 24 "Quarter A" Territory, 142279, Obolensk, City District Serpukhov, Moscow Region, Russian Federation
Phone: (4967) 36-0003
E-mail: dyatlov@obolensk.org

References

1. Paster L. About the etiology of anthrax. Vol. II. Moscow, 1960, p. 547-558. (In Russian).
2. Bollinger O. Arbeiten aus dem pathologisch. Institut München, 1886, p. 5-13.
3. Stom DI, Balayan AE, Polekhina SV, Bybin VA. A method for testing the activity of preparations obtained from earthworms. The patent for the invention 2377561, 2008 - Irkutsk State University, 5 p. (In Russian).
4. Schuch R, Fischetti VA. The Secret Life of the Anthrax Agent *Bacillus anthracis*: Bacteriophage-Mediated Ecological Adaptations. PLoS ONE. 2009;4(8):e6532. DOI: 10.1371/journal.pone.0006532
5. Marinin LI, Dyatlov IA, Shishkova NA., Gerasimov VN. Sibireyazvennye skotomogil'niki: problemy i resheniya. Moscow: «Dynasty»; 2017, 216 p. (In Russian).
6. Tamiranov A. V dvukh shagakh ot sibirskoi yazvy. Fa tamiranov.livejournal.com.352611.html (In Russian).
7. Marinin LI, Dyatlov IA, Mokrievich AN, et al. Metody izucheniya biologicheskikh svoystv vozbuditelya sibirskoi yazvy. Edited by L.I.Marinin, I.A.Dyatlov. Moscow: «Gigiena» Publ.; 2009, 304 p. (In Russian).
8. Shishkova NA, Mokrievich AN, Platonov ME, Svetoch TE, Marinin LI. Study of the genetic diversity of the anthrax microbe strains from the collection of SRC AMB. Problemy Osobo Opasnykh Infektsii (Problems of Particularly Dangerous Infections). 2010;2(104):60-5. (In Russian).

НОВОСТИ НАУКИ



A Comprehensive Guide to Aptamers ed. T. Shuster // NY: Nova Science Publishers, Inc. – 2019. – 168 p. – ISBN 978-1-53616-293-6 (ebook 978-1-53616-294-3)

Книга фокусируется на последних достижениях в разработке аптамеров нуклеиновых кислот в качестве альтернативных систем доставки терапевтических олигонуклеотидов. Кроме того, обсуждаются ключевые примеры направленной доставки наиболее распространенных терапевтических средств на основе нуклеиновых кислот, включая небольшие интерферирующие РНК, РНК с короткими шпильками, микроРНК и антисмысловые олигонуклеотиды для ряда нарушений.