

Экспертиза противотуберкулезных лечебных и санаторно-курортных учреждений при репрофилеровании

Е.А.Тюрин, И.П.Мицевич, С.А.Благодатских, М.В.Храмов

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

В статье рассматривается вопрос организации и проведения мероприятий по репрофилерованию организаций и учреждений, работающих в противотуберкулезной области. В связи с переизбытком противотуберкулезных учреждений и необходимостью использования зданий и территории для лечения и профилактики других инфекций специалистам-эпидемиологам и органам здравоохранения в последнее время все чаще приходится сталкиваться с проблемой репрофилерования организаций фтизиатрического профиля. Экспертизу объектов проводят в несколько этапов: работа с документами и их оценка, посещение объекта, отбор проб из зданий и сооружений (соскобы, грунт), проведение бактериологического и генетических анализов, подготовка и утверждение заключительных документов. Показана целесообразность оценки состояния проблемы репрофилерования учреждений и определения основных положений этого процесса перед переводом противотуберкулезных учреждений для нужд общемедицинской практики.

Ключевые слова: туберкулез, лечебные и санаторные объекты противотуберкулезного профиля, репрофилерование, экспертиза

Для цитирования: Тюрин Е.А., Мицевич И.П., Благодатских С.А., Храмов М.В. Экспертиза противотуберкулезных лечебных и санаторно-курортных учреждений при репрофилеровании. Бактериология. 2022; 7(4): 85–89. DOI: 10.20953/2500-1027-2022-4-85-89

Examination of anti-tuberculosis medical and sanatorium and resort institutions when reprofiling

E.A.Tyurin, I.P.Mitsevich, S.A.Blagodatskikh, M.V.Khramov

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

The article deals with the issue of organizing and carrying out activities for the re-profiling of organizations and institutions working in the anti-tuberculosis field. Despite these threats, epidemiologists have recently increasingly had to face the problem of reprofiling TB organizations. Examination of objects is carried out in several stages: work with documents and their evaluation, site visits, sampling from buildings and structures (scrapes, soil), bacteriological and genetic analyzes, preparation and approval of final documents. The expediency of assessing the state of the problem of re-profiling institutions and determining the main provisions of this process before the transfer of anti-tuberculosis institutions for the needs of general medical practice is shown.

Key words: tuberculosis, medical and sanatorium facilities of anti-tuberculosis profile, re-profiling, examination

For citation: Tyurin E.A., Mitsevich I.P., Blagodatskikh S.A., Khramov M.V. Examination of anti-tuberculosis medical and sanatorium and resort institutions when reprofiling. Bacteriology. 2022; 7(4): 85–89. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2022-4-85-89

Для корреспонденции:

Тюрин Евгений Александрович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Адрес: 142279, Московская обл., г.о. Серпухов, р.п. Оболенск, Территория «Квартал А», 26
Телефон: (4967) 360-016
E-mail: turin@obolensk.org

Статья поступила 09.08.2022 г., принята к печати 28.12.2022 г.

For correspondence:

Eugeny A. Tyurin, MD, PhD, Leading Researcher of The Laboratory of Biological Safety, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор

Address: 24 «Quarter A» Territory, Obolensk, City District Serpukhov, Moscow Region, 142279, Russian Federation
Phone: (4967) 360-016
E-mail: turin@obolensk.org

The article was received 09.08.2022, accepted for publication 28.12.2022

Туберкулез остается серьезной проблемой здравоохранения в мире и является основной причиной смерти среди инфекционных болезней, вызванных единственным возбудителем [1–4]. Современная эпидемическая ситуация по туберкулезу осложняется ростом доли больных с лекарственно-устойчивыми формами туберкулеза [5].

Микобактерии представляют собой прямые или изогнутые палочковидные бактерии, размером $0,2\text{--}0,7 \times 1 \times 10$ мкм, однако они могут изменяться до кокковидных форм, округлых сферических или мицелиеподобных структур. Слабо окрашиваются по Граму. Неподвижные, спор и капсул не образуют. Являются мезофилами и аэрофилами, но в процессе жизнедеятельности в неблагоприятных условиях их метаболизм может измениться, и клетки могут трансформироваться в микроаэрофилы или даже становиться анаэробами, не выделяют экзо- и эндотоксинов [6].

Основой каркаса клеточной стенки микобактерий являются два полимера – арабиногалактан и пептидогликан, к которым присоединены миколовые кислоты, воски, липиды, полисахариды и белки. Такой состав клеточной стенки микобактерий обуславливает их высокую устойчивость к воздействию физико-химических факторов: органических и неорганических кислот, щелочей, многих окислителей, спиртов, ацетона, четвертичных аммониевых соединений, рассеянного солнечного света. Микобактерии длительное время могут сохраняться в окружающей среде. Бактерии до нескольких лет могут сохраняться в высушенном состоянии в пыли, в мокроте, на страницах книг, в почве и воде. Низкие температуры также способствуют сохранению жизнеспособности микобактерий.

Для инактивации микобактерий используют нагревание, микроволновое излучение, действующие на микобактерии дезинфицирующие средства или воздействие ультрафиолетового (УФ) излучения, в том числе инсоляцию. Высокая выживаемость микобактерий туберкулеза во внешней среде и длительное сохранение в различных субстанциях (жидкой и сухой мокроте, других выделениях больных, продуктах питания и др.) способствует чрезвычайно широкому распространению этой инфекции среди населения независимо от климатических условий [6].

Для первичного заражения человека микобактериями туберкулеза наиболее характерным является аэрогенный (воздушно-капельный, пылевой) механизм передачи инфекции, гораздо реже заражение происходит алиментарным или вертикальным путем. Распыленный аэрозоль (мельчайшие инфицированные капельки мокроты размером до 5 мкм) сохраняется в воздухе закрытого помещения до 60 мин, а затем оседает на мебель, пол, стены, одежду, белье, пищевые продукты и др. Заражение воздушно-пылевым путем происходит при вдыхании пылевых частиц с включенными в них микобактериями. Алиментарный путь заражения возможен при употреблении в пищу зараженных микобактериями продуктов. Контактный путь заражения через кожу и слизистые оболочки можно наблюдать у лиц, непосредственно работающих с культурой микобактерии туберкулеза или инфекционным материалом [2].

Однако, несмотря на эти угрозы, специалисты эпидемиологи в последнее время все чаще и чаще сталкиваются с вопросом перепрофилирования организаций (лечебницы,

санатории, здравницы и т.п.) противотуберкулезного характера. Перепрофилированные объекты планируется использовать для общемедицинской практики в иных целях [7].

Экспертизу деятельности объектов противотуберкулезного профиля проводит комиссия экспертов в присутствии представителей организации и территориального органа Роспотребнадзора, а при необходимости – представителя органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации в сфере охраны здоровья. На основании документов, полученных из организации, эксперты определяют класс опасности (А, Б, В) помещений организации/объекта по степени потенциального риска загрязнения микобактериями туберкулеза и высказывают свои предложения по классу опасности того или иного объекта учреждения. В настоящее время нормативные документы (методические рекомендации) на проведение работ по перепрофилированию отсутствуют [3]. Поэтому нам показалось целесообразным оценить состояние мероприятий по перепрофилированию учреждений и определить основные, на наш взгляд, положения этого процесса.

Цель работы: определить основные мероприятия, проводимые при экспертизе объектов, в которых размещались противотуберкулезные учреждения, и оценить их деятельность при проведении перепрофилирования.

Экспертизу объектов проводят в несколько этапов: посещение объекта, работа с документами и их оценка, отбор проб (соскобы, грунт) из зданий, сооружений и около них, постановка бактериологического и генетических анализов, подготовка и утверждение заключительных документов. Все мероприятия по проведению экспертизы выполняют в рамках договора о ее проведении, в котором оговаривают сроки и итоговые документы, касающиеся проведения экспертизы.

Экспертами являются специалисты, имеющие опыт работы в области эпидемиологии и контроля выполнения требований биологической безопасности при проведении работ с микроорганизмами I–IV групп патогенности (опасности). Кроме того, в группу экспертов входят опытный микробиолог-бактериолог, специалист по микобактериям и специалист по проведению генетических исследований (полимеразная цепная реакция (ПЦР)). Все эти специалисты должны быть допущены к работе с микроорганизмами I–IV групп патогенности (опасности) по своему основному месту работы в соответствии с приказом по организации или учреждению, от которого привлекаются эксперты.

Рассмотрению подлежат документы, подтверждающие уставные положения, право собственности, санитарно-эпидемиологическое заключение и лицензию на проведение работ по профилю. Причем лицензию и санитарно-эпидемиологическое заключение желательно получить не только на всю организацию, но и на отдельные службы (бактериологическую лабораторию, проводившую текущую диагностику анализов, поступивших от пациентов, находящихся на лечении). Кроме того, необходимо запросить и ознакомиться с «Программой проведения производственного контроля» объекта, в которой должны быть указаны контрольные точки и порядок ликвидации различных чрезвычайных ситуаций техногенного и антропогенного характера.

Эксперты знакомятся с инструктивно-методическими документами, действующими в данном учреждении, прежде

всего с инструкцией по соблюдению требований и положений биологической безопасности во время контакта с больными, находящимися на излечении или санаторно-курортном лечении, а при обследовании лаборатории – со специально разработанными операционными процедурами по основной деятельности и другими нормативными материалами.

Проведение дезинфекционных мероприятий и контроль за концентрацией рабочих растворов дезинфицирующих средств – важный аспект проведения экспертизы перепрофилирования. Все мероприятия по текущей и заключительной дезинфекции должны быть оформлены в виде договоров с организациями на проведение дезинфекции, а также актами или протоколами при проведении дезинфекции силами персонала объекта.

Определенное внимание эксперты уделяют вопросу установки, эксплуатации, контроля эффективности УФ-облучателей, как в стационарных корпусах для пребывания больных, так и в бактериологической лаборатории. Они могут быть стационарными потолочными, боковыми, напольными, переносными, на одну, две и более ламп. Эксплуатация УФ-облучателей возможна после введения их в эксплуатацию с составлением акта, который должен быть представлен экспертам. Для каждого типа УФ-ламп, установленных в облучателях, установлен определенный срок эксплуатации в несколько тысяч часов, и контроль за эксплуатацией ламп устанавливается в виде регистрации наработки часов, что и фиксируется в журналах контроля работы УФ-облучателей.

Вопрос обращения с отходами является важным разделом экспертизы учреждения. Отходы могут быть твердыми и жидкими, офисными или биологически опасными, содержащими или подозрительными на содержание биоматериала (от больных, остатки пищи, одноразовая одежда). Экспертам необходимо ознакомиться с инструкциями о порядке обеззараживания отходов и определить схемы сбора, обеззараживания и удаления их для окончательного уничтожения в организации. Также необходимо снять копии с договоров со сторонними организациями о проведении всех мероприятий с отходами. Эксперты рассматривают движение твердых отходов, образующихся на объекте во время пребывания больных, персонала и пр., а также отходов деятельности лаборатории, которые подвергают обеззараживанию различными химическими (замачивание в дезинфицирующих растворах) и физическими (автоклавирование) методами. Эффективность обеззараживания фиксируется в журналах проведения процессов обеззараживания. Обращается внимание на удаление и обеззараживание медицинских отходов (от больных) и из лаборатории: как осуществляется сбор по группам опасности, обеззараживание и уничтожение. Осматриваются площадки для временного хранения отходов по группам, для сбора офисных и иных небактериологических отходов: их оборудование навесами, подъезды транспорта для удаления отходов. Экспертам должны быть представлены договоры на уничтожение обеззараженных твердых отходов на полигоне с отметкой в журнале контроля вывоза отходов.

Необходимо рассмотреть материалы и документы, подтверждающие квалификацию сотрудников (дипломы об об-

разовании, свидетельства, удостоверения, сертификаты), конечно, если они имеются в наличии и могут быть представлены.

Дальнейшее проведение экспертизы касается анализа медицинской деятельности, сведений и данных о количестве коек учреждения отдельно для мужчин и женщин, количества отделений в корпусах, состава медперсонала и его квалификации. Необходимо оценить объем оказываемой медицинской помощи по категориям учета больных, были ли случаи заражения и заболевания во время пребывания в учреждении или повторно. Необходимо уделить внимание анализу состояния медицинского персонала: его количество по категориям (врачи, медицинские сестры, санитарки), как часто и с каким результатом персонал проходил профессиональные медицинские осмотры и лечебно-методические комиссии. Необходимо обратить внимание на заболеваемость медицинского персонала, в том числе туберкулезом, и наличие договора с медучреждением на медицинское обслуживание и госпитализацию в случае подозрения на туберкулез. Эксперты делают выписки из карт профилактических прививок о наличии вакцинации против туберкулеза и иных инфекционных болезней.

Обязательным условием проведения экспертизы является знакомство с актом прохождения сотрудниками ежегодного медицинского осмотра, диспансеризации и с их медицинскими книжками (если они есть).

Далее знакомятся с исторической справкой (если она имеется) об объекте: дата постройки и введения в эксплуатацию зданий, какие объекты размещались на территории и в зданиях с начала их эксплуатации, сроки функционирования учреждения по противотуберкулезному профилю. Оценивают рабочую ситуацию на момент экспертизы: функционирует ли учреждение по профилю, если нет, то запрашиваются дата закрытия и обоснование. На каждый вопрос желательно получить документ, подписанный руководством объекта и заверенный печатью. Основываясь на опыте проведения этих мероприятий, нами был подготовлен примерный перечень документов, которые необходимо запросить у организации или учреждения для проведения экспертизы во время процедуры перепрофилирования.

С каждого документа снимают копии, которые заверяют руководство.

Все работы при посещении объекта или учреждения проводятся в присутствии его полномочных представителей, а также сотрудников санитарной службы, курирующей данный объект. Начинают работы с внешнего осмотра зданий, сооружений, территории, определяют наличие ограждений, подъездных путей, оценивают ухоженность территории.

Экспертиза бактериологической лаборатории противотуберкулезного учреждения – важный раздел работы при проведении экспертной оценки учреждения. Нужно точно установить, как долго лаборатория была задействована в работе, ее расположение, места хранения питательных сред, диагностических препаратов и других расходников, объем и виды выполняемых исследований, имела ли место распорядительная документация, были ли случаи выделения микобактерий.

Необходимо обратить внимание на обустройство помещения для приготовления дезинфицирующих растворов,

обеззараживания и уничтожения биологических отходов. Эксперты оценивают наличие и состояние аварийной, охранной и пожарной сигнализаций. Обращают внимание на количество и состояние использованной рабочей и защитной одежды и средств индивидуальной защиты, их класс безопасности (FFP).

При оценке технического состояния зданий и сооружений учреждения экспертам необходимо получить сведения обо всех зданиях с поэтажной планировкой и экспликацией всех помещений. Если возможно, получить сведения о материалах, из которых изготовлены конструкции здания (фундамент, стены, перекрытия, стропила, крыша, кровля). Нужно оценить вентиляцию (естественную или искусственную), наличие фильтров тонкой очистки воздуха или их отсутствие. Эксперты знакомятся с документами (паспортами) на все имеющиеся приточные и вытяжные системы вентиляции и делают заверенные копии. Запрашивают справки о санитарно-техническом состоянии всех зданий (в том числе проведении капитальных, косметических ремонтов, замены вентиляции, канализации и водопровода, с датами) и проводят осмотр всех построек согласно подготовленным документам.

Для ремонтно-восстановительных работ на объекте должен быть разработан план предупредительного ремонта (ППР), который ежегодно утверждается для проведения восстановительных и ремонтных работ. После окончания ППР должны быть подготовлены протоколы и акты по оценке эффективности инженерных систем объекта.

При проведении экспертизы объекта осматривают территорию, где располагается объект, подъездные пути и внутреннюю разводку дорог, зоны тихого и активного отдыха, а также обращают внимание на благоустройство и озеленение территории.

В корпусах, палатах, подсобных помещениях, коридорах, столовых, кабинетах и других местах нахождения больных и персонала отбирают пробы (смывы, соскобы, срезы пластиковых аксессуаров обустройства палат и коридоров, кусочки штукатурки или гипсокартона, кусочки остатков мягкой рухляди), которые складывают в контейнеры с соответствующей маркировкой для проведения биологического (бактериологического и генетического) анализа на предмет наличия или отсутствия возбудителя туберкулеза. Отбирают пробы почвы из мест активного и тихого отдыха: у беседок, столиков, лавок, у бордюра и ограждения пешеходных дорожек, то есть из всех мест, где возможно пребывание больных и персонала. Пробы маркируют и затаривают в контейнеры для дальнейшего анализа. В дальнейшем пробы поступают в бактериологическую лабораторию, где происходит экстракция предполагаемого возбудителя с последующим разделением экстракта для микробиологического посева и генетического анализа методом ПЦР, при выявлении ДНК микобактерий – с проведением полногеномного секвенирования. Размножаются микобактерии медленно – время генерации составляет 14–22 ч. Рост культуры на плотных питательных средах можно обнаружить не ранее 14–21-х суток, однако первые колонии могут появиться и через 90 суток. На жидких питательных средах культуры вырастают через 4–10 суток, рост некоторых штаммов обнаруживается через 30 суток. Таким образом, положительный результат микробио-

логического исследования может быть получен через 14–48 суток. Положительный ПЦР-тест получают в течении суток. Отрицательный окончательный результат получают при отрицательном тесте ПЦР и отсутствии роста на специальных средах по окончании культивирования 90 суток [8].

По окончании проверочных мероприятий эксперты проводят аналитическую оценку полученных материалов и делают заключение о необходимости дополнительных исследований и, если это необходимо, получения дополнительной информации. Итогом работы экспертов является выдача заключения о возможности репрофилирования объекта.

Работа по репрофилированию учреждений, связанных с противотуберкулезной деятельностью (санаторно-курортные организации, стационары, амбулатории и т.п.), является процедурой длительной и кропотливой. Важным аспектом этой деятельности является квалификация экспертов и специалистов лабораторной практики.

Анализ документов, обследование зданий и сооружений должны проводиться тщательно и вдумчиво, чтобы вопросов в итоге оставалось как можно меньше, а информации было больше. Лабораторные бактериологические и генетические исследования должны проводиться подготовленным и обученным персоналом в специализированных лабораториях, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение о возможности выполнения этих работ в организациях, имеющих лицензию на право проведения работ с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности).

Таким образом, планомерная и последовательная работа, проводимая по репрофилированию медицинских и санаторно-курортных учреждений противотуберкулезной направленности, выполняемая с соблюдением требований биологической безопасности в соответствии с санитарными нормами и правилами, позволит избежать ошибок при проведении этих важных и ответственных работ.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора.

Financial support

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest requiring disclosure in this article.

Литература

1. Перельман МИ, Корякин ВА, Богадельникова ИВ. Фтизиатрия. Учебник. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Медицина; 2004, 520 с.
2. Покровский ВИ, Пак СГ, Брико НИ, Данилкин БК. Инфекционные болезни и эпидемиология. Учебник. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007, 816 с.
3. Санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» СанПиН 3.3686-21. 2021. 1092 с.
4. Global tuberculosis report 2016: [англ.]: [арх. 14 ноября 2016]. Geneva: WHO, 2016, 201 p.

5. Нечаева ОБ, Бирагова ОК. Эпидемическая ситуация по туберкулезу в Российской Федерации. Социальные аспекты здоровья населения. 2013. Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/514/lang,ru/>
6. Покровский ВН, Поздеев ОК. Медицинская микробиология. М.: ГЭОТАР-Медицина; 1999, 1200 с.
7. Храмов МВ, Мицевич ИП, Баннов НН, Тюрин ЕА, Чекан ЛВ. Проведение оценки возможности перепрофилирования противотуберкулезных санаториев в Крыму. Бактериология. 2021;6(3):77.
8. Методические рекомендации по совершенствованию диагностики и лечения туберкулеза органов дыхания (утв. приказом Министерства здравоохранения РФ от 29 декабря 2014 г. №951).
7. Khramov MV, Mitsevich IP, Bannov NN, Tyurin EA, Chekan LV. Provedenie otsenki vozmozhnosti pereprofilirovaniya protivotuberkuleznykh sanatoriev v Krymu. Bacteriology. 2021;6(3):77. (In Russian).
8. Methodological recommendations for improving the diagnosis and treatment of tuberculosis of the respiratory system (approved by Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No 951 of December 29, 2014). (In Russian).

References

1. Perelman MI, Koryakin VA, Bogadelnikova IV. Phthisiology. 3rd ed. Moscow: "Meditsina" Publ.; 2004, 520 p. (In Russian).
2. Pokrovskii VI, Pak SG, Briko NI, Danilkin BK. Infectious diseases and epidemiology. 2nd ed. Moscow: "GEOTAR-Media" Publ.; 2007, 816 p. (In Russian).
3. Sanitary norms and rules "Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases" SanPiN 3.3686-21. 2021. 1092 p. (In Russian).
4. Global tuberculosis report 2016: [apx. 14 ноября 2016]. Geneva: WHO, 2016, 201 p.
5. Nechaeva OB, Biragova OK. Tuberculosis epidemic situation in the Russian Federation. Social Aspects of Population Health. 2013. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/514/lang,ru/> (In Russian).
6. Покровский ВН, Поздеев ОК. Медицинская микробиология. М.: ГЭОТАР-Медицина; 1999, 1200 с. (In Russian).

Информация о соавторах:

Мицевич Ирина Петровна, старший научный сотрудник лаборатории антимикробных препаратов ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Благодатских Станислав Александрович, младший научный сотрудник лаборатории биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Храмов Михаил Владимирович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по качеству и развитию ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Information about co-authors:

Irina P. Mitsevich, Senior Researcher of Antimicrobial Agents Laboratory, Molecular Microbiology Departments, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор

Stanislav A. Blagodatsky, Junior Researcher of The Laboratory of Biological Safety, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор

Mikhail V. Khramov, MD, PhD, Deputy Director, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор

Новый инструмент для сборки генома

По данным Всемирной организации здравоохранения, *Mycobacterium tuberculosis* заражают около четверти населения мира и убили 1,6 млн человек в 2021 г. Текущие медицинские вмешательства ограничиваются вакциной вековой давности, которая снижает риск заражения на 20%, и приемом сильных антибиотиков от 4 до 6 мес., которые иногда оказываются неэффективными.

Ученые впервые секвенировали геном одного из штаммов туберкулеза – H37Rv – в 1998 г., но до сих пор им так и не удалось создать полную и точную последовательность, которая максимизировала бы их шансы на искоренение болезни.

Новый конвейер, получивший название Vact-Builder, объединяет общие программы сборки генома с открытым исходным кодом в новый и простой в использовании инструмент, который находится в свободном доступе на GitHub.

Сегодня ученые обычно секвенируют новые бактериальные геномы, разрезая большие фрагменты ДНК на маленькие, быстро сканируемые фрагменты, а затем используя эталонную последовательность, такую как H37Rv, для правильного сопоставления всех полученных фрагментов данных. Однако сборка геномов без эталона, как это делает Vact-Builder с данными секвенаторов MinION, позволяет исследователям идентифицировать гены, присутствующие в клинических штаммах, которых может не быть в эталоне.

Последовательность туберкулеза, созданная Vact-Builder, содержит примерно на 6400 тыс. пар оснований больше, чем старый эталон, и идентифицирует новые гены и фрагменты генов, отсутствующие в старом эталоне.

Публикация полностью точного генома эталонного штамма H37Rv, который используется в сотнях исследований в год, должна значительно помочь исследованиям туберкулеза.

New DNA analysis provides accurate tuberculosis genome – ScienceDaily [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/12/221216131105.htm>