

Зарубежная практика по-русски

Три перевода о загрязнении, очистке оборудования и биоплёнках.

Все три перевода и рисунок включены в этот PDF. Оригиналы на английском доступны на сайте по ссылкам в конце материалов. Для чтения переводов интернет не требуется.

1. Грибок в запечатанном стерильном геле: расследование в ЮАР
2. Вспышка в реанимации: почему пересмотрели очистку инжекторов КТ
3. Биоплёнки на мясопереработке: что показали 146 проб с четырёх предприятий

Объём перевода указан у каждого материала. Редакционные пояснения выделены отдельно. Перевод подготовлен и сопоставлен с оригиналами с помощью ИИ; независимая профильная рецензия не проводилась.

Грибок в запечатанном стерильном геле: расследование в ЮАР

ЗАРУБЕЖНАЯ ПРАКТИКА · ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО

Emerging Infectious Diseases / CDC · Сентябрь 2026; события 2022–2024 годов

Перевод введения и выводов полностью; раздела «Исследование» — с сокращениями. Опущены подробности лабораторных методов, лекарственной чувствительности и демографическая таблица. Из двух рисунков включён первый.

▼ Авторы, оригинал и условия использования

Wickerhamomyces anomalus Pseudo-Outbreak Associated with Medical Lubricating Gel, South Africa, 2023–2024

Авторы: Caroline Maluleka, Husna Ismail, Liliwe Shuping, Ruth Mpembe, Gift Sandhleni, Serisha Naicker, Tsidiso Maphanga, Nelesh P. Govender.

Общественное достояние — правила EID.

Перевод подготовлен и сопоставлен с оригиналом с помощью ИИ. Независимая профильная рецензия не проводилась. Редакционные дополнения выделены отдельно.

От редакции — зачем читать. Для эпидемиологов, микробиологов и тех, кто закупает медицинские расходные материалы. Необычные результаты посевов в разных отделениях могут иметь общий источник в поставке. Здесь его искали в том числе в ещё не вскрытых упаковках. «Псевдовспышка» означает, что рост числа положительных посевов может отражать загрязнение образцов или устройств, а не рост числа истинных инфекций.

Введение

Wickerhamomyces anomalus — встречающийся в окружающей среде аскомицетовый дрожжевой гриб. Он связан со вспышками инфекций, ассоциированных с оказанием медицинской помощи, у пациентов в критическом состоянии или с ослабленным иммунитетом, однако источники таких вспышек удаётся установить редко. Загрязнённый медицинский гель ранее становился причиной больничных вспышек, вызванных бактериями, связанными с водной средой.

В ноябре 2023 года Национальный институт инфекционных заболеваний ЮАР (NICD) получил сообщение о необычно частом выделении *W. anomalus* в лаборатории провинции Квазулу-Натал. Две больницы Западно-Капской провинции независимо друг от друга выявили два кластера в июле–августе 2023 года. Один из них был связан с недавней установкой центральных венозных катетеров, через которые впоследствии брали кровь на посев. При установке катетеров под ультразвуковым контролем использовали стерильный смазывающий гель Lubri-A sterile lubricating jelly производства Electro-Spyres; его заподозрили как источник псевдоинфекций. Мы исследовали масштаб, источник и клиническую значимость этой общенациональной псевдовспышки.

Исследование — перевод с сокращениями

Мы изучили записи Национальной службы лабораторной диагностики (NHLS) о пациентах государственных медицинских учреждений, у которых *W. anomalus* был подтверждён посевом любого вида материала в период с 1 января 2022 года по 29 апреля 2024 года. Повторные изоляты от одного пациента, полученные в пределах 30 дней, исключали. Мы связались с лабораториями, чтобы установить, совпал ли рост выявляемости с внедрением системы Vitek MS. В двух больницах ретроспективно собрали клинические данные. Мы получили изоляты *W. anomalus* из клинических образцов и невскрытых пакетиков стерильного смазывающего геля, находившихся в обращении в медицинских учреждениях.

[Опущены описание культивирования, идентификации, определения чувствительности и технические параметры анализа геномов.]

За исследуемый период мы выявили 426 случаев в семи из девяти провинций ЮАР. До 1 апреля 2023 года исходный уровень составлял 2–3 случая на учреждение в месяц; 346 из 426 случаев (81%) пришлось на май–ноябрь 2023 года. Рост не совпал с внедрением Vitek MS. Чаще всего возбудитель выделяли из мочи — 207 из 426 случаев (49%) — и крови — 77 из 426 (18%). Наибольшее число случаев зарегистрировано в провинции Гаутенг: 180 из 426 (42%). В Западно-Капской провинции было больше всего случаев выделения из материала из стерильных локусов.

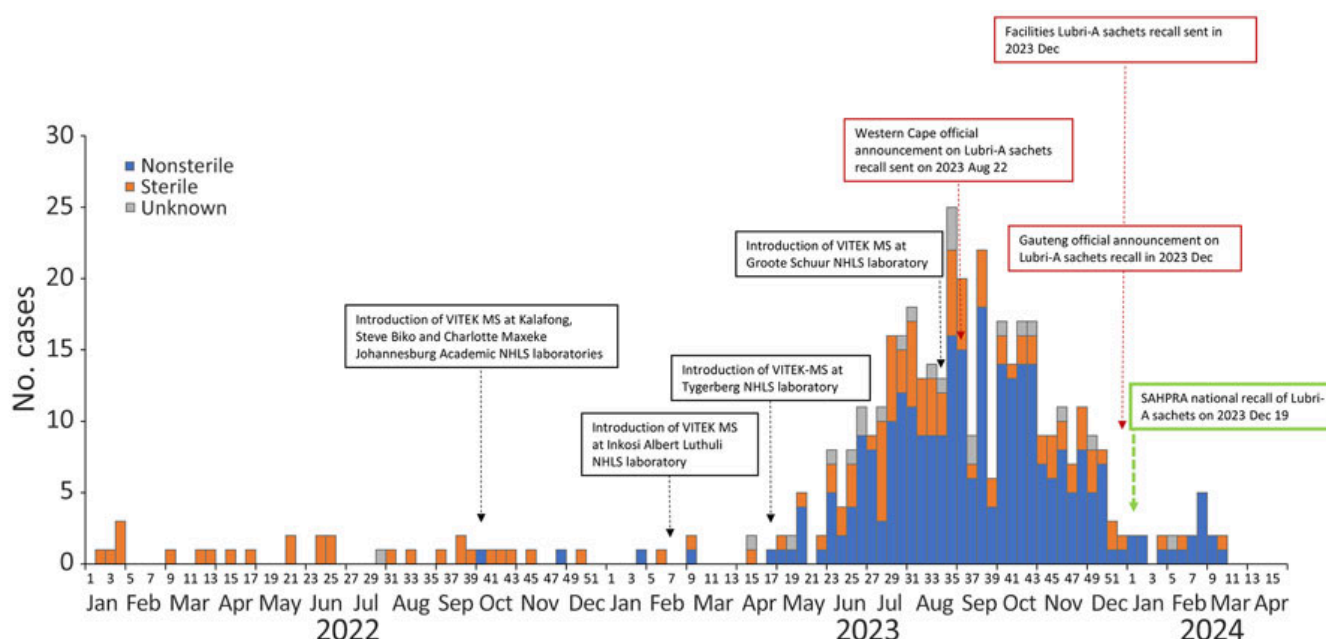


Рисунок 1 оригинала. Число выявлений по эпидемиологическим неделям, 1 января 2022 — 29 апреля 2024 года. Синим показан материал из нестерильных локусов, оранжевым — из обычно стерильных, серым — неизвестная категория. По вертикали — число случаев; по горизонтали — недели, месяцы и годы. Чёрные стрелки отмечают внедрение Vitek MS в разных лабораториях; красные — сообщения об отзыве Lubri-A в августе и декабре 2023 года; зелёная — национальный отзыв 19 декабря 2023 года. Рисунок сохранён без изменений; подпись и пояснения переведены. Maluleka и соавт., EID, 2026.

Клинические сведения были доступны для 52 из 426 пациентов (12%).

[Опущены возрастно-половые характеристики и распределение клинических образцов в этой подгруппе.]

Из 37 пациентов, для которых были сведения о процедурах, 23 (62%) перенесли катетеризацию мочевого пузыря, 12 (32%) — эндотрахеальную интубацию; эти процедуры не были взаимоисключающими. У 48 пациентов с положительными посевами на *W. anomalous* клиницисты расценили результат как загрязнение в 20 случаях (42%) и как клинически значимый в 28 (58%): инфекцию мочевых путей — у 15 (31%), инфекцию нижних дыхательных путей — у 8 (17%), инфекцию кровотока — у 2 (4%).

Противогрибковое лечение получили 10 из 44 пациентов (23%), для которых были доступны сведения о лечении. Однако объективные признаки инфекции, например признаки сепсиса или повышение воспалительных биомаркеров, отсутствовали либо были документированы не полностью. Только у пяти пациентов *W. anomalous* выделили при последующих посевах. Из 50 пациентов с известным исходом 30 (60%) выписали, 6 (12%) оставались в стационаре, 14 (28%) умерли. Имеющихся данных было недостаточно, чтобы связать эти смерти с инфекцией *W. anomalous*.

Из 86 изолятов 62 (72%) получили из клинических образцов, 24 (28%) — из партий геля. Посевы из запечатанных пакетиков геля во всех случаях дали обильный рост грибов. Мы подтвердили *W. anomalous* у 85 изолятов (99%); один изолят *Candida albicans* исключили.

[Опущены результаты определения чувствительности изолятов к противогрибковым препаратам.]

Для филогенетического анализа использовали 95 последовательностей геномов. Из них 72 (76%) относились к текущей вспышке: 49 (68%) — клинические, 22 (31%) — из геля, источник одного (1%) не был документирован. Остальные 23 включали 12 исторических изолятов эпиднадзора из ЮАР, 10 опубликованных геномов и один референсный геном *W. anomalous* NRRL Y-366-8.

Два основных кластера разделяли более 10 000 однонуклеотидных полиморфизмов (SNP); геномы клинических изолятов и изолятов из геля перемежались в обоих кластерах. Разнообразие внутри меньшего кластера составляло менее 1000 SNP, внутри большего — менее 2000. Это указывало на загрязнённый продукт, а не на единственную локальную цепочку передачи.

О вспышке сообщили регулятору медицинской продукции ЮАР и Национальному департаменту здравоохранения 21 августа 2023 года. 8 декабря 2023 года департамент предписал учреждениям прекратить использование затронутых партий, изолировать их, остановить распространение, получить альтернативные продукты и наладить регистрацию каждого случая.

После независимого расследования регулятор объявил общенациональный отзыв класса 1 типа А и уведомил другие регулирующие органы. После этого число случаев резко снизилось, хотя спорадические выявления продолжались в начале 2024 года, вероятно, из-за оставшихся запасов, которые ещё использовали учреждения.

Выводы авторов

Эпидемиологические, микробиологические и геномные данные указали на одноразовые пакетики стерильного смазывающего геля, загрязнённого при производстве, как на источник национальной псевдовспышки инфекции *W. anomalous*. Это подтверждали выявления в семи провинциях, выделение

микроорганизма из запечатанных пакетиков и трёх отдельных партий, пережевывание клинических геномов и геномов из геля, отсутствие временной связи с изменениями лабораторных приборов и быстрое снижение числа случаев после национального отзыва.

Многие положительные посевы, вероятно, отражали загрязнение образцов или устройств, а не инфекцию. Тем не менее лечащие врачи сочли микроорганизм клинически значимым более чем у половины пациентов клинической подгруппы, а 23% получили противогрибковое лечение. Это показывает, как псевдовспышки могут приводить к потенциально ненужному лечению. Интерпретация ограничена тем, что клинические сведения имелись лишь для 12% случаев из двух больниц и были собраны ретроспективно.

Медицинским учреждениям и диагностическим лабораториям следует насторожиться, когда необычные микроорганизмы повторно выявляются в разных типах образцов или в географически удалённых учреждениях. Даже продукты с маркировкой «стерильно» остаются источником риска, если при производстве нарушено обеспечение стерильности. Для предотвращения и сдерживания подобных событий необходимы усиление закупочного контроля, обеспечение качества поставщиками, прослеживаемость продукции, пострегистрационный надзор, уведомление и быстрая координация на национальном уровне между лабораториями, клиницистами, командами инфекционного контроля, органами общественного здравоохранения и регуляторами.

Вопрос для своей практики

Комментарий редакции. Можно ли по записям вашего учреждения восстановить, в каких отделениях и при каких процедурах использовали конкретную партию расходного материала? Именно прослеживаемость связывает лабораторный сигнал с закупкой и отзывом. Описанное расследование касается определённого продукта и партий в ЮАР; оно не означает, что любой смазывающий гель загрязнён или что любой положительный посев следует считать ложным.

Первоисточник и изменения

Maluleka C. и соавт. *Wickerhamomyces anomalus Pseudo-Outbreak Associated with Medical Lubricating Gel, South Africa, 2023–2024*. Emerging Infectious Diseases. 2026;32(9). DOI: [10.3201/eid3209.260608](https://doi.org/10.3201/eid3209.260608).

Перевод с английского с отмеченными сокращениями. Заголовок и два редакционных блока добавлены нами. Аннотация, таблица, второй рисунок, приложение, благодарности и список литературы не переведены. Полный текст статьи на английском, включая список литературы, доступен [в локальной копии PDF](#). Текст и рисунок EID находятся в общественном достоянии; использование не означает одобрения перевода CDC или авторами.

Вспышка в реанимации: почему пересмотрели очистку инжекторов КТ

ЗАРУБЕЖНАЯ ПРАКТИКА · ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО

Emerging Infectious Diseases / CDC · Март 2026; события 2022–2023 годов, наблюдение до августа 2025

Полный перевод раздела Discussion («Обсуждение»). Подзаголовки добавлены для навигации; номера ссылок сохранены. Перед переводом — отдельная редакционная справка по методам и результатам.

▼ **Авторы, оригинал и условия использования**

Stenotrophomonas maltophilia Bloodstream Infection Outbreak in Acute Care Hospital, California, USA, 2022–2023

Авторы: Sana M. Khan и соавторы — полный список в PDF оригинала.

Общественное достояние — правила EID.

Перевод подготовлен и сопоставлен с оригиналом с помощью ИИ. Независимая профильная рецензия не проводилась. Редакционные дополнения выделены отдельно.

Перед чтением — справка редакции

Для команд инфекционного контроля, рентгенологических отделений и инженеров медицинского оборудования. В больнице на севере Калифорнии с мая 2022 года по сентябрь 2023 года выявили 13 случаев инфекции кровотока, вызванной *Stenotrophomonas maltophilia*, у пациентов реанимации. Исследователи сопоставили их с 39 контрольными пациентами, проверили практику ухода и обслуживания оборудования, исследовали воду и поверхности.

Все 13 заболевших получали йодсодержащий контраст. Связь с контрастом была статистической: отношение шансов 12,0, 95%-й доверительный интервал от 2,1 до бесконечности. Связи также нашли для фентанила и пропофола. Это не доказывает, что какой-либо из препаратов был источником. Широкий интервал указывает на большую неопределённость оценки.

При очистке автоматических инжекторов использовали водопроводную воду, что допускала инструкция производителя. В сервисных записях был эпизод скопления воды внутри аппарата. При этом из инжекторов *S. maltophilia* не выделили, а изоляты из воды и сливов генетически не совпали со штаммом вспышки. Ниже — как сами авторы объясняют эту неопределённость и предпринятые меры.

Обсуждение: общий источник остался неизвестен

Эта вспышка была необычной по числу пациентов с инфекциями кровотока, вызванными одним и тем же типом ST239 *S. maltophilia*, выявленными за 18 месяцев, включая шестимесячный промежуток без случаев. До вспышки, начиная с 2020 года, в этой больнице регистрировали лишь одну инфекцию кровотока, вызванную *S. maltophilia*. Хотя мы не установили единый общий источник, вероятно, передача *S. maltophilia* происходила при контакте с водопроводной водой через лекарственные препараты, медицинские изделия или предметы ухода.

S. maltophilia образует биоплёнки и могла сохраняться в биоплёнке внутри больничной системы водоотведения, несмотря на развитую программу управления водными системами учреждения. Нестерильная вода могла загрязнить предметы ухода, инъекционный контраст или другие препараты, которые использовали либо готовили в зоне разбрызгивания воды у раковины. Однако пациенты находились в разных палатах разных крыльев реанимации, а в пробах воды штамм вспышки не обнаружили. В палатах реанимации стояли отдельные раковины без столешниц, поэтому контакт предметов ухода с водопроводной водой там был менее вероятен. В обоих кабинетах КТ были раковины, рядом с которыми могли готовить к введению контраст или другие препараты; обе раковины имели прилегающие столешницы и не имели экранов от брызг.

Чем отличались эти случаи

Инфекции кровотока, вызванные *S. maltophilia*, чаще поражают пациентов с ослабленным иммунитетом; их связывают с пребыванием в реанимации, установленными медицинскими устройствами и предшествующим применением антибиотиков [3, 19, 20]. *S. maltophilia* часто вызывает инфекции дыхательных путей, но может вызывать и инфекции кровотока при гематогенном распространении из дыхательных путей [21]. Особенность этой вспышки состояла в том, что у пациентов были признаки инфекции кровотока *S. maltophilia* без предшествующей или сопутствующей респираторной инфекции тем же возбудителем. Кроме того, антибиотики применяли непродолжительно, и их применение было сходным в группе случаев и контрольной группе.

Штамм ST239 *S. maltophilia*, связанный со вспышкой, по-видимому, обладал необычно низкой вирулентностью: ни у одного пациента группы случаев не развился сепсис и никто не умер от бактериемии. Большинство респираторных изолятов, полученных за тот же период от пациентов, не входивших в группу случаев, — семь из восьми — не совпали со штаммом вспышки. Один респираторный изолят, полученный в сентябре 2023 года, совпал с ним.

Этот пациент не был включён в группу случаев, поскольку у него не было инфекции кровотока и он не соответствовал определению случая для данного расследования. Однако просмотр медицинской карты показал, что между поступлением и взятием материала на посев пациент прошёл КТ с контрастированием, находился в реанимации и получал фентанил и пропофол. Такое наблюдение можно объяснить недостатками практики инфекционного контроля, которые могли привести к контакту дыхательных путей пациента с тем же неустановленным источником нестерильной воды.

Какие изменения внесла больница

Хотя мы выделили *S. maltophilia* из нескольких проб воды и сливов раковин, по данным полногеномного секвенирования ни один из этих изолятов не был связан со штаммом вспышки. Исследование двух инжекторов КТ также не дало роста *S. maltophilia*. Однако наблюдение за очисткой и обслуживанием выявило возможности для загрязнения инжекторов нестерильной водой.

Предыдущие исследования показали, что ополаскивание медицинского оборудования нестерильной водой при очистке может приводить к его загрязнению и последующим инфекциям кровотока у пациентов [22]. В условиях этой вспышки мы рекомендовали учреждению продолжать искать возможности уменьшить использование нестерильной воды при обслуживании и обычной очистке оборудования, чтобы предотвратить дополнительные инфекции кровотока *S. maltophilia* и другие грамотрицательные бактериальные инфекции.

После вспышки учреждение пересмотрело внутренние правила профилактического обслуживания инжекторов КТ: они предусматривают стерильную воду вместо тёплой водопроводной воды, разрешённой инструкцией производителя. Кроме того, сотрудники кабинетов КТ ввели ежедневную тщательную очистку головок инжекторов с применением одобренных больницей дезинфицирующих салфеток и средства для удаления подтёков или пролитого контраста. Также ввели работу вдвоём, чтобы при подготовке и введении контраста не использовать столешницу рядом с раковиной.

Почему проверяли обращение с лекарствами

В медицинских учреждениях описано несколько вспышек, в том числе бактериальных инфекций, в результате неправомерного изъятия лекарств из законного оборота; некоторые включали вмешательство в содержимое инъекционного фентанила [23]. Такое изъятие происходит, когда рецептурный препарат выводят из предусмотренного пути от производителя к пациенту. Обзор опубликованной литературы и внутренних записей CDC, проведённый в 2015 году, выявил шесть связанных с этим вспышек за десять лет; в четырёх вмешивались в содержимое шприцев или флаконов с фентанилом [23].

Вмешательство в содержимое шприцев может включать замену лекарства физиологическим раствором или нестерильной водой, что позволяет микроорганизмам окружающей среды попасть в кровоток. Разведение обезболивающего нестерильной водой также связывали со вспышкой *Sphingomonas paucimobilis* — другого связанного с водой возбудителя, который редко вызывает инфекции кровотока [24].

Мы установили, что применение фентанила было связано с увеличением шансов попасть в группу случаев в 9,2 раза, а пропофола — в 12,2 раза. Однако больничная комиссия не нашла свидетельств неправомерного изъятия лекарств, связанных с этой вспышкой. Проверка не выявила закономерностей или общих обстоятельств у пациентов, например одного и того же анестезиолога или сестринского персонала. Учреждение также связалось с аптеками-поставщиками и подтвердило отсутствие отзывов препаратов в этот период, проверяя возможность исходного загрязнения внутривенных лекарств.

Хотя в исследовании «случай — контроль» с принадлежностью к группе случаев были статистически связаны и другие факторы, мы сосредоточили расследование и обсуждение на йодсодержащем контрасте и инъекционном фентаниле: эти воздействия были почти у всех пациентов группы случаев.

Менее вероятно, что единым источником инфекции был фактор, который не являлся общим для большинства заболевших.

Ограничения расследования

Первое ограничение: из-за технических трудностей при первоначальном отборе проб удалось обследовать только один из двух инжекторов КТ. Местный орган здравоохранения вернулся в больницу 29 сентября 2023 года, чтобы взять пробы со второго инжектора и из слива во втором кабинете КТ. *S. maltophilia* в этих пробах не выделили. Это могло быть связано с пятидневной задержкой между отбором и посевом из-за нарушения доставки в лабораторию CDC. Возможные отклонения температуры во время задержки могли снизить жизнеспособность микроорганизма.

Второе ограничение: биоплёнки динамичны, и собранных проб могло оказаться недостаточно, чтобы захватить участок биоплёнки с искомым возбудителем [25]. Отрицательные пробы из окружающей среды не исключают окончательно присутствие штамма вспышки *S. maltophilia* в обследованных местах.

Несмотря на эти трудности, исследование «случай — контроль» с подбором контрольных пациентов и наблюдения за инфекционным контролем помогли учреждению определить направления повторного обучения персонала и аудита: использование нестерильной воды для очистки и подготовка инъекционных лекарств в кабинетах КТ.

Итог авторов

Это эпидемиологическое расследование 13 инфекций кровотока *S. maltophilia* не выявило единый источник вспышки, но указало на внутривенный контраст как на возможный фактор риска, заслуживающий внимания. Хотя пробы с обоих инжекторов КТ были отрицательными на *S. maltophilia*, учреждение ввело меры по снижению риска загрязнения нестерильной водой, выходящие за рамки рекомендаций инструкции производителя.

Даже интенсивные расследования вспышек нередко не устанавливают общий источник. Однако устранение выявленных недостатков инфекционного контроля часто приводит к прекращению передачи; по состоянию на август 2025 года дополнительных случаев не выявлено. В медицинских учреждениях следует препятствовать использованию нестерильной воды для медицинских изделий, которые могут контактировать с лекарствами или средствами ухода за пациентами, чтобы уменьшить риск загрязнения водными возбудителями, такими как *S. maltophilia*.

Вопрос для своей практики

Комментарий редакции. Где у вас готовят препараты и расходные материалы относительно раковин, брызг и влажных поверхностей? Это конкретный участок процесса, который можно обсудить с командой инфекционного контроля. Описанные изменения относятся к расследованию в одной больнице и не заменяют согласованную процедуру обслуживания конкретной модели оборудования. Статистическая связь с препаратом и отсутствие новых случаев после комплекса мер сами по себе не доказывают единственную причину вспышки.

Первоисточник и изменения

Khan S. M. и соавт. *Stenotrophomonas maltophilia* Bloodstream Infection Outbreak in Acute Care Hospital, California, USA, 2022–2023. Emerging Infectious Diseases. 2026;32(3). DOI: [10.3201/eid3203.250835](https://doi.org/10.3201/eid3203.250835).

Раздел Discussion переведён полностью с английского; длинные абзацы разделены, добавлены подзаголовки. Ссылки в квадратных скобках соответствуют нумерации списка литературы в локальной копии оригинала. Методы, результаты, таблицы и рисунки отдельно не переведены. Заголовок, вводная справка и заключительный редакционный блок добавлены нами. Текст EID находится в общественном достоянии; использование не означает одобрения перевода CDC или авторами.

Биоплёнки на мясопереработке: что показали 146 проб с четырёх предприятий

ЗАРУБЕЖНАЯ ПРАКТИКА · ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО

Food Standards Agency; Fera и Newcastle University · Март 2023; пробы отобраны летом 2021 года

Полный перевод раздела Lay Summary, страницы 3–5 итогового отчёта. Это авторское резюме для неспециалистов, а не весь 74-страничный отчёт. Подзаголовки добавлены для навигации.

▼ **Авторы, оригинал и условия использования**

Antimicrobial Resistance in Biofilms Formed During Secondary Food Processing of Meat and Meat Products (FS307035)

Авторы: Marco Benucci, Steven Bryce, Chris Conyers, Edward Haynes, Marc Kennedy, Ioana Lock, Roy Macarthur, Sam McGreig, John Walshaw, Grant Burgess, Orla Collins, Fiona Cuskin.

CC BY 4.0 — указана на странице FSA Research and Evidence.

Перевод подготовлен и сопоставлен с оригиналом с помощью ИИ. Независимая профильная рецензия не проводилась. Редакционные дополнения выделены отдельно.

От редакции — зачем читать. Для технологов, микробиологов и руководителей санитарных служб пищевых предприятий. Полезен не только результат «найжены гены», но и ход работы: выбор влажных и труднодоступных мест, единая процедура отбора проб, контроль загрязнения наборов для анализа. Это исследование не сравнивало коммерческие дезсредства и не измеряло эффективность конкретного режима мойки.

Что такое устойчивость и при чём здесь биоплёнки

Антимикробная устойчивость (AMR) означает, что бактерии и другие микроорганизмы становятся устойчивыми к действию антибиотиков и других химических средств контроля. Это глобально значимая проблема: из-за неё лечение инфекций может перестать работать, а медицинские процедуры, например химиотерапия и трансплантация органов, могут стать очень опасными. Устойчивость может развиваться, когда бактерии подвергаются воздействию низких уровней антибиотиков и других химических веществ и получают возможность эволюционно приобрести устойчивость.

Бактериальные биоплёнки — это скопления липких веществ, выделяемых бактериями, которые прикрепляют бактерии друг к другу и к поверхностям окружающей среды. Они защищают бактерии от химической очистки, что может позволять им сохраняться на пищевых производствах. С точки зрения антимикробной устойчивости биоплёнки могут повышать риск её возникновения и распространения

между разными бактериями. Такое распространение возможно, поскольку бактерии иногда способны обмениваться ДНК, содержащей инструкции для защиты от химических веществ. Эти инструкции называют генами антимикробной устойчивости, или ARG.

Как выбрали места и собрали пробы

Мы провели исследование, чтобы определить, какие ARG присутствуют в бактериальных биоплёнках на мясоперерабатывающих предприятиях. Для этого использовали методы, позволяющие получать большие объёмы данных о последовательностях ДНК из проб биоплёнок.

Сначала мы изучили ранее опубликованные работы, чтобы выяснить, связаны ли какие-либо виды мяса с особенно выраженной проблемой антимикробной устойчивости. Достаточных оснований сосредоточить исследование на определённом виде мяса мы не нашли. По этим же работам определили места на предприятиях, где биоплёнки наиболее вероятны: влажные, трудно очищаемые поверхности, возможно, поверхности с царапинами, в которых бактерии могут расти, и участки, контактирующие с мясным соком, который может поддерживать рост бактерий.

Затем мы разработали метод отбора проб бактериальных биоплёнок с поверхностей. Было важно стандартизировать его, чтобы пробы с разных предприятий, взятые разными людьми, можно было сопоставлять. В исследовании согласились участвовать четыре предприятия. Используя опубликованные работы и беседы с техническими руководителями предприятий, мы составили списки мест, где вероятнее всего образуются биоплёнки.

Мы отправили предприятиям списки точек отбора, подробную методику и всё необходимое оборудование. Сотрудники предприятий сами отобрали пробы и вернули их в нашу лабораторию для анализа. Всего с четырёх предприятий поступило 146 проб. Отбор проходил в течение 27 дней летом 2021 года.

Три способа анализа ДНК

После поступления проб в лабораторию из них выделили ДНК и проанализировали тремя способами. Все экстракты прошли ненаправленное секвенирование коротких фрагментов ДНК. Это означает, что мы брали ДНК, выделенную из биоплёнок, и определяли её последовательность — порядок букв А, Т, G и С генетического кода — для большого числа коротких фрагментов из пробы.

Кроме того, 21 пробу исследовали на другом секвенаторе, который определяет последовательности гораздо более длинных фрагментов ДНК, чтобы проверить, даст ли это дополнительную информацию. Наконец, после секвенирования все пробы, в которых ещё оставалась ДНК, — 118 проб — проверили другим, направленным методом: количественной полимеразной цепной реакцией, qPCR.

Цель состояла в обнаружении трёх определённых генов: двух ARG и гена, общего для всех бактерий. qPCR даёт результаты иного типа, чем секвенирование: она может показать, сколько копий гена содержится в пробе и, следовательно, особенно ли много конкретного ARG в одной пробе по сравнению с другой. Первый метод — ненаправленное секвенирование коротких фрагментов — использовали для определения присутствующих ARG. Два других — секвенирование длинных фрагментов и qPCR — применяли в большей степени экспериментально, чтобы оценить их пригодность для будущих исследований.

Что нашли и как исключали фоновую ДНК

Мы получили большое число последовательностей ДНК из 144 из 146 поступивших проб; секвенирование двух проб оказалось неудачным. В среднем на одну пробу приходилось более 90 миллионов последовательностей. При поиске ARG во всех пробах в совокупности обнаружили 144 таких гена — это число случайно совпало с числом успешно исследованных проб. В 96 из 144 проб нашли хотя бы один ARG.

Обращает на себя внимание, что большой объём последовательностей ДНК получили и из некоторых отрицательных контрольных проб, например экстрактов из неиспользованных тампонов. Эти последовательности принадлежали бактериям, которые встречались и в исследуемых пробах. Вероятно, бактерии или их ДНК присутствовали в наборах ещё до отбора проб. Это известное и часто наблюдаемое явление. Благодаря строгой фильтрации данных мы смогли устранить влияние этой ДНК на результаты.

Среди ARG, обнаруженных в пробах в высоком количестве, был широкий набор ожидаемых генов. Часть из них обеспечивает устойчивость к антисептикам и чистящим средствам. Другие, вероятно, происходят от бактерий, особенно хорошо образующих биоплёнку, но их присутствие не гарантирует, что бактерия действительно устойчива к антимикробным средствам.

Обнаружение таких ARG связано с используемой нами базой данных. Хотя она обширна, в неё входят гены, которые могут обеспечивать устойчивость только при определённых условиях, только в сочетании с другими генами, а также гены, чьи основные функции не связаны с антимикробной устойчивостью. Поэтому здесь ARG понимаются в самом широком смысле; предсказать способность противостоять антибиотикам по одному лишь присутствию этих генов трудно.

С чем можно сравнить результаты

Похожих исследований, с которыми можно сопоставить наши данные, очень мало: эти методы пока не получили широкого применения. При сравнении с исследованием бактерий из куриного мяса, выполненным более старым методом, в наших биоплёнках в целом наблюдаются более низкие уровни ARG, чем в образцах бактерий из куриного мяса. Мы не можем определить, отражает ли это реальные различия между пробами или различие использованных методов.

Другие опробованные методы тоже дали результаты. Секвенирование длинных фрагментов оказалось в некоторой степени полезным: мы выявили больше случаев, когда ARG находились на одном и том же фрагменте ДНК. Это может быть важно, поскольку два ARG на одном фрагменте ДНК могут легче передаваться вместе между бактериями, чем два ARG на разных фрагментах.

Результаты qPCR были неоднозначными. Два проверяемых ARG было трудно отличить от фонового шума, хотя часть результатов для одного ARG согласовывалась с секвенированием. Использование qPCR для калибровки данных секвенирования давало разные результаты в зависимости от выбранных генов. Поэтому этот подход пока нельзя считать надёжным, но в будущем его, возможно, стоит изучить подробнее.

Общий вывод авторов

В целом мы обнаружили ARG в двух третях исследованных проб биоплёнок с предприятий, перерабатывающих и обрабатывающих четыре основных вида мяса в Великобритании: курятину, свинину, говядину и баранину. Однако, чтобы по этим данным оценить, насколько биоплёнки в действительности пополняют количество ARG в готовой продукции, потребовался бы дополнительный отбор проб. Наши экспериментальные подходы показали перспективность для дальнейшей работы.

Вопрос для своей практики

Комментарий редакции. Включает ли ваша карта отбора проб влажные, трудно очищаемые участки и повреждённые поверхности — и сопоставим ли способ отбора между сменами? Именно планирование проб и контроль качества анализа можно обсуждать по этому отчёту. Число «96 из 144» относится к наличию генов в исследованных пробах; это не доля опасной продукции и не процент бактерий, переживающих дезинфекцию.

Первоисточник и изменения

Benucci M., Bryce S., Conyers C., Haynes E., Kennedy M., Lock I., Macarthur R., McGreig S., Walshaw J.; Burgess G., Collins O., Cuskin F. *Antimicrobial Resistance in Biofilms Formed During Secondary Food Processing of Meat and Meat Products (FS307035)*. Итоговый отчёт для Food Standards Agency, март 2023. DOI: [10.46756/sci.fsa.gid407](https://doi.org/10.46756/sci.fsa.gid407).

Полностью переведён раздел Lay Summary, страницы 3–5. Заголовок, подзаголовки и редакционные блоки добавлены нами; длинные абзацы разделены. [Полный отчёт на английском — локальная копия PDF, 74 страницы](#). Страница публикации в FSA Research and Evidence указывает лицензию [CC BY 4.0](#). Перевод является адаптацией; авторы и FSA не участвовали в его подготовке и не заявляли об одобрении.

При поддержке chemitech.ru.

Оригиналы: Emerging Infectious Diseases / CDC (общественное достояние) и FSA Research and Evidence (CC BY 4.0). Переводы не одобрены авторами или издателями. Подробная атрибуция — у каждого материала.