

Как контроль влажности может
снизить уровень инфекционности и
способности к выживанию вирусов

КРАТКИЙ ОБЗОР

По данным проведенных исследований, представленных в настоящем документе, прослеживается четкая связь между уровнем влажности, инфекционности и живучести различных вирусов. Из результатов исследования следует, что при уровнях относительной влажности (ОВ), колеблющихся в пределах от 40 до 50% многие типы распространенных и опасных вирусов, таких как грипп и коронавирусы, становятся инертными гораздо быстрее, чем при уровнях $ОВ \leq 20\%$.

Вышесказанное особенно актуально в тех местностях, в которых зима характеризуется низкими температурами наружного воздуха и низким уровнем влажности в помещениях, поскольку эти условия обеспечивают благоприятную среду для передачи вируса. Эффективно контролируя климат внутри помещений в таких местностях, можно снизить вероятность передачи опасных вирусов.

Анализ исследования

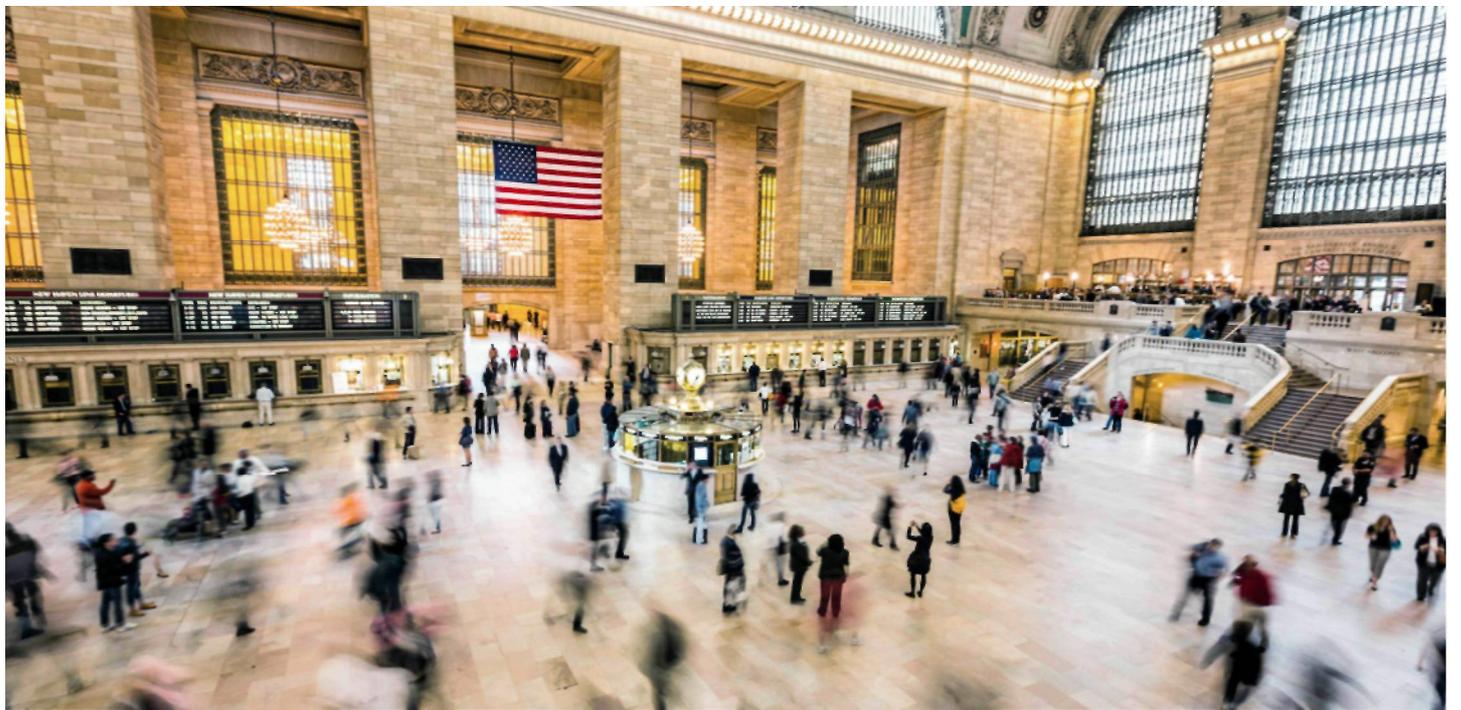
Выживание следующих вирусов в липидной оболочке, которые упоминаются в рассматриваемых научных работах⁽¹⁾, связано с относительной влажностью и температурой:

- Грипп
- Коронавирусы (включая тяжелый острый респираторный синдром, связанный с коронавирусом)
- Респираторно-синцитиальный вирус
- Вирусы парагриппа
- Корь, краснуха
- Вирус ветряной оспы

С другой стороны, нелипидные вирусы способны выживать дольше при более высоких уровнях ОВ (обычно более 70%). К ним относятся:

- Респираторные аденовирусы
- Риновирусы





Связь между температурой и влажностью

Следующие определения были приняты в настоящем документе в целях донесения информации:

- Абсолютная влажность (АВ) – Количество граммов водяного пара на килограмм (сухого) воздуха (г/кг)
- Относительная влажность (ОВ) - отношение (в %) между фактическим количеством водяного пара в воздухе и максимальным количеством водяного пара, которое воздух может содержать при определенной температуре. При 100% относительной влажности воздух насыщен и не может удерживать дополнительную влагу. В этом случае при снижении температуры произойдет конденсация.

АВ является полезной мерой для преобразования уровней ОВ между средами при различных температурах, таких как внутренние и наружные условия. Если в помещении с наружной вентиляцией нет дополнительных источников влаги или влажности, то изменения ОВ наружного воздуха будут влиять на уровень ОВ в помещении.

Связь между температурой и влажностью показана на следующем рисунке. Во всех трех случаях абсолютная влажность (6 г воды) и масса воздуха (1 кг воздуха) постоянны. По мере повышения температуры объем воздуха увеличивается, и поэтому соотношение между относительной влажностью и занимаемым пространством меняется.

При расчете уровней влажности в помещении необходимо учитывать преобладающие наружные уровни ОВ и АВ. Если мы предположим, что наружный воздух поступает в пустое внутреннее пространство и нагревается без значительных влагосодержащих нагрузок (например, влага не поступает от проникновения воздуха, строительных материалов, горения или присутствия людей), то мы можем установить прямую связь между внутренним и наружным уровнями влажности при разных температурах.

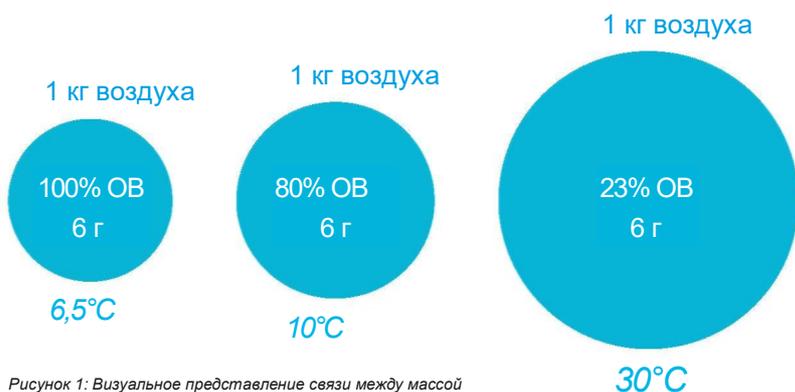


Рисунок 1: Визуальное представление связи между массой воздуха, температурой, АВ и ОВ%



Для наглядной демонстрации, в таблице ниже представлены уровни влажности внутри помещений, которые могут возникнуть в помещениях, как описано в пункте выше, на основе уровней наружного воздуха, о которых сообщалось в Лондоне 12–13 марта 2020 года.

Время	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00	06:00	09:00
Температура наружного воздуха (°C)	8°	9°	9°	7°	7°	6°	7°	6°	8°
Наружная ОВ%	60	49	52	67	68	77	70	73	62
Давление воздуха (гПа)	1,011	1,011	1,010	1,011	1,011	1,013	1,014	1,016	1,017
Наружная АВ (г/кг)	4,00	3,50	3,71	4,18	4,24	4,47	4,35	4,23	4,11
Внутренняя ОВ% при 20°C	28	24	26	29	29	31	30	30	28
Внутренняя ОВ% при 24°C	22	19	20	23	23	24	24	23	22

Таблица 1: Климатические условия, Лондон, Великобритания, 12–13 марта 2020 года. Источник: «Мет Офис» (Met Office), Великобритания.

На основании внешних условий, показанных в Таблице 1, при комнатной температуре в 20°C уровень ОВ% внутри помещения колеблется от 24 до 31%. Если температура в помещении увеличивается до 24°C, уровень ОВ% в помещении колеблется от 19 до 24%.

При помощи психрометрической диаграммы, мы можем с легкостью визуализировать влияние на уровни ОВ% при изменении температуры воздуха при определенных уровнях АВ. Используя значение измерения в таблице 1 для АВ по состоянию на 09:00 12 марта (4 г/кг) становится очевидной связь между уровнями ОВ при 4 и 20°C.

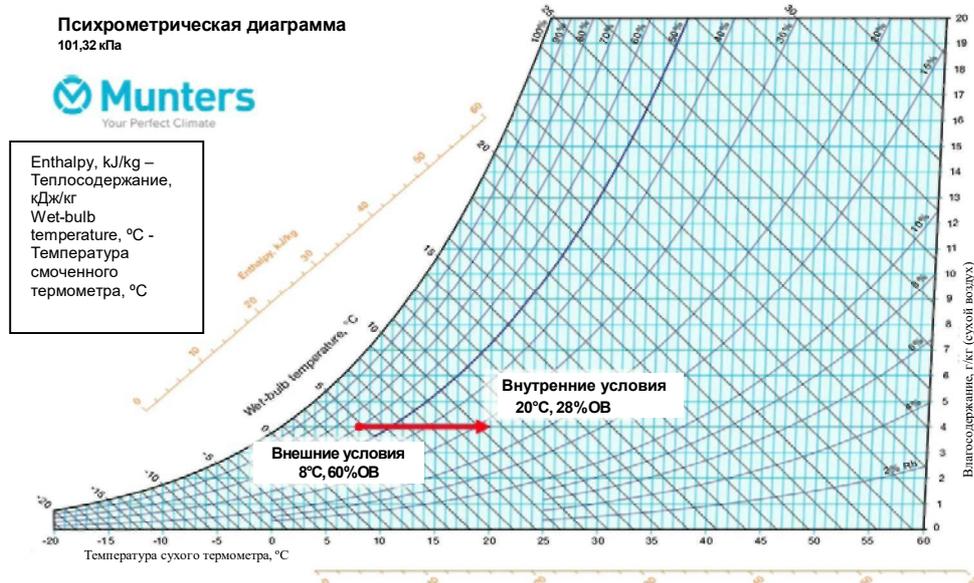


Рисунок 2: Психрометрическая диаграмма, на которой показана ОВ% при 8 и 20°C по линии АВ 4 г/кг.

Роль влажности в передаче вируса гриппа

Если поддерживать уровень относительной влажности в диапазоне от 45 до 50%, уровень инфекционности быстро падает

Вирусы, вызывающие респираторные заболевания, обычно передаются вирусными частицами, которые выделяются при кашле, чихании, разговоре и дыхании⁽⁶⁾. В результате этих действий образуются облака частиц воды в воздухе диаметром от нескольких миллиметров до <1 мкм. Крупные капли (диаметром > 50 мкм) оседают на землю практически сразу, а частицы размером 10–50 мкм оседают в течение нескольких минут. Мелкие частицы (<10 мкм), включая каплеобразные ядра от испаренных более крупных частиц, могут оставаться в воздухе в течение нескольких часов и легко попадают в дыхательные пути при глубоком вдохе. Если же частицы не вдыхаются, то со временем они оседают на поверхностях⁽⁹⁾. Помимо размера частиц, воздушный поток и климат также влияют на количество времени, в течение которого эти частицы остаются в воздухе.

Климатические условия, представленные в Таблице 1, можно сопоставить с рисунками 3 и 4 для экстраполяции инфекционности и эффективности передачи аэрозольных частиц вируса гриппа.

На рисунке 3 ниже показано влияние инфекционности гриппа на ОВ в зависимости от размера аэрозольных частиц.

На основании данных в таблице А, уровень инфекционности при ОВ от 24 до 31% составляет более 70% для частиц всех размеров при постоянной температуре воздуха в помещении 20°C. Если ОВ поддерживается в диапазоне от 45 до 50%, то при той же температуре воздуха уровень инфекционности быстро падает до уровня ниже 20%.

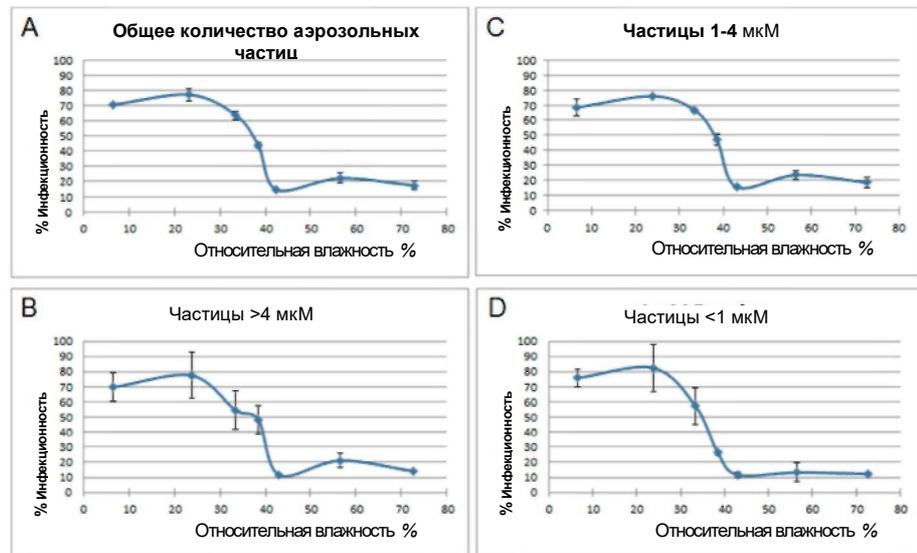


Рисунок 3: Высокая влажность снижает уровень инфекционности гриппа. Вирус гриппа был введен при помощи кашля в кабинете для исследований. Используя пробоотборники НИОТ в кабинете собирались образцы аэрозоля в течение 60 минут изо рта манекена, на расстоянии 10 см справа и слева от рта и в положениях P1 и P2. При постоянной температуре (20°C) ОВ была установлена в различных точках от 7 до 73%. Представлен процент вируса, который сохранил инфекционность по сравнению с вирусом до кашля. Таблица А: Показан процент инфекционного вируса от всех частиц (> 4 мкм, 1-4 мкм, <1 мкм), который был определен с помощью анализа вирусных бляшек (VPA). Таблицы В – D: показан процент инфекционного вируса в каждой аэрозольной частице. Данные означают стандартную ошибку 6 (n = 5). ИЦО: 10.1371/journal.pone.0057485.g003(8)

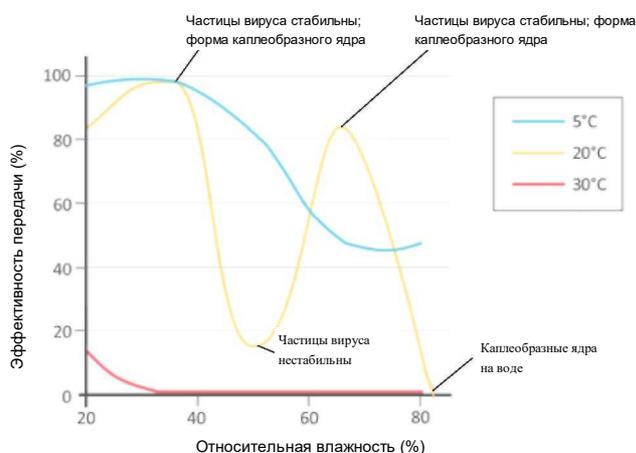


Рисунок 4: По результатам испытаний в реальных условиях, эффективность передачи дыхательных капель зависит от влажности и температуры. Эффективность передачи, рассчитанная как процентная доля субъектов, зараженных инфекцией, показана в зависимости от относительной влажности⁽²⁾⁽³⁾

Взаимосвязь между стабильностью частиц и эффективностью передачи показана на рисунке 4, и снова влияние ОВ играет основную роль, демонстрируя значительное снижение эффективности передачи при ОВ в пределах около 50%. Используя данные из Таблицы 1, основанные на показателях воздуха в помещении при температуре 20°C при ОВ, колеблющейся в пределах от 24 до 31%, эффективность передачи составляет от 80 до 90%, что представляет собой значительное увеличение.

В другом исследовании⁽⁴⁾ показана сильная связь между АВ и выживаемостью, передачей и основным репродуктивным числом (R_0) гриппа. Для справки, R_0 представляет количество вторичных инфекций, которые средний инфицированный человек может произвести в полностью восприимчивой популяции. На рисунке ниже показана взаимосвязь между АВ и R_0 .

Опять же, данные, представленные на рисунке 5, показывают прямую связь между АВ и передачей вируса, и, в результате, увеличение уровней ОВ внутри помещения, которые напрямую связаны с низкими уровнями наружной АВ, приведет к тому же уровню передачи вируса.

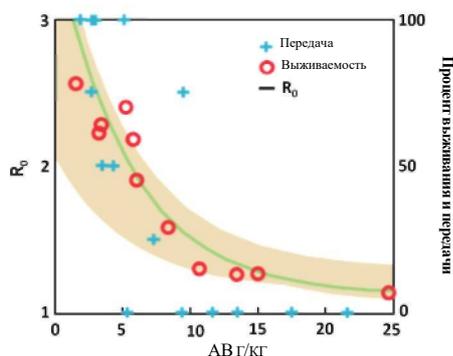


Рисунок 5: Выживаемость вируса, его передача и основное репродуктивное число R_0 представлены в виде функции абсолютной влажности. Данные о выживаемости вируса гриппа взяты из исследования Харпера (Harper)⁽⁵⁾, данные о передаче вируса гриппа из исследования Ловена (Lowen) и др.^(2,3) а R_0 основано на наиболее подходящих симуляциях, восстановленных восприимчивых-инфицированных и восприимчивых, основанных на абсолютной влажности, по данным исследования Шамана (Shaman) и др.⁽⁶⁾ Сплошная линия - R_0 для наилучшего моделирования; область светло-коричневого цвета показывает диапазон значений R_0 как функцию абсолютной влажности для 10 наиболее подходящих моделей. Мера абсолютной влажности составляет 2 м над уровнем земли в г/кг и взята из повторного анализа Национального центра экологического прогнозирования - Национального центра атмосферных исследований (NCEP-NCAR)⁽⁷⁾.

Роль влажности в передаче коронавируса

Инактивация происходила быстрее при 20°C, чем при 4°C

Коронавирусы имеют липидную оболочку и в равной степени подвержены изменениям влажности. Однако из-за рисков, связанных с взаимодействием с SARS-CoV и сопутствующими вирусами, для проведения исследований требуется специально обученный персонал, работающий в лабораторных условиях уровня биологической безопасности 3 (BSL-3). Это означает, что существуют серьезные проблемы в изучении этого вируса, и доступны только ограниченные данные о его выживаемости и реакции на стрессовые факторы окружающей среды.

Использование суррогатных коронавирусов может решить эти проблемы и расширить имеющиеся данные о выживаемости коронавирусов на поверхностях. Исследование с использованием вируса трансмиссивного гастроэнтерита (TGEV) и вируса гепатита мыши (MHV) использовалось для определения влияния АТ и ОВ на выживаемость коронавирусов на нержавеющей стали.

При 4°C патогенный вирус сохранял жизнеспособность в течение 28 дней, а самый низкий уровень инактивации наблюдался при 20% относительной влажности. Инактивация происходила быстрее при 20°C, чем при 4°C при всех уровнях влажности; вирусы сохраняли жизнеспособность в течение 5–28 дней, а самая медленная инактивация происходила при низкой относительной влажности. Инактивация обоих вирусов проходила быстрее при температуре 40°C, чем при 20°C. Взаимосвязь между инактивацией и относительной влажностью не была монотонной, при этом наблюдалась более высокая выживаемость или более высокий защитный эффект при низкой ОВ (20%) и высокой ОВ (80%), чем при средней ОВ (50%)⁽¹⁰⁾.

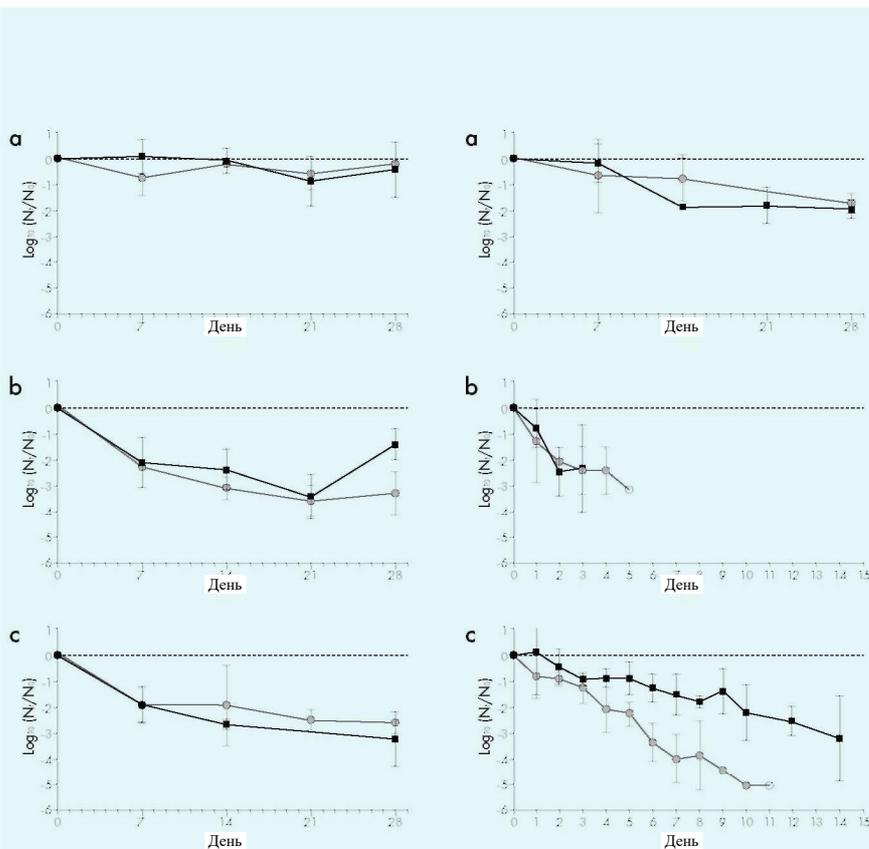


Рисунок 6: Выживаемость TGEV и MHV при 4°C и (a) 20% ОВ, (b) 50% ОВ и (c) 80% ОВ. Квадраты, TGEV; круги, MHV. Планки погрешностей показывают 95% доверительных интервалов⁽¹⁰⁾.

Рисунок 7: Выживаемость TGEV и MHV при 20°C и (a) 20% ОВ, (b) 50% ОВ, и (c) 80% ОВ. Заполненные квадраты, TGEV; заполненные круги, MHV; открытые круги, значение для образца было ниже предела обнаружения анализа (5 log₁₀ MPN). Планки погрешностей показывают 95% доверительных интервалов⁽¹⁰⁾.

Если мы повторно применим климатические данные из Таблицы 1 (основанные на показателях воздуха в помещении при 20°C при относительной влажности, колеблющейся от 24 до 31%), то снова есть веские основания для поддержания относительной влажности в помещении на уровне около 50%, чтобы сократить жизнеспособность этих типов коронавирусов на твердых поверхностях.

Вывод

Снизить вероятность передачи и способность к выживанию опасных вирусов можно при помощи контроля уровней относительной влажности в помещении, что можно сделать с помощью решений для контроля влажности, которые позволяют осуществлять точный контроль относительной влажности в помещениях. Такой контроль влажности полезен в любое время, но особенно его значение возрастает в сезон гриппа, в течение которого температура наружного воздуха и абсолютная влажность, как правило, ниже.

Исследования, упомянутые в настоящем документе, показывают, что поддержание уровня ОВ% в помещении в пределах от 40 до 50% дает максимальный защитный эффект от аэрозольных и осажденных вирусных частиц. Поддержание этих уровней будет способствовать созданию более здоровой и безопасной окружающей среды.

О компании «Мюнтерс» (Munters)

На протяжении более 60 лет компания «Мюнтерс» работает в области контроля влажности, предлагая масштабируемые решения для всех типов промышленных, коммерческих и общественных сред. Мы предлагаем консалтинговые услуги, технологическую поддержку, услуги по установке и управлению жизненным циклом для нашей гибкой линейки продуктов, благодаря наличию офисов по всему миру, что позволяет нам быть ближе к нашим клиентам.



Список литературы

- (1) Влияние параметров окружающей среды на выживаемость возбудителей инфекций, переносимых по воздуху - Джулиан В. Танг (Julian W. Tang) - ИЦО: 10.1098/rsif.2009.0227.focus
- (2) Роли влажности и температуры в формировании сезонности гриппа – Анис К. Лоуэн (Anice C. Lowen), Джон Стил (John Steel)
- (3) Передача вируса гриппа зависит от относительной влажности и температуры – Анис К. Лоуэн, Самира Мубарека (Samira Mubareka), Джон Стил, Питер Палезе (Peter Palese) – PLoS Pathog 3(10): e151. ИЦО:10.1371/journal.ppat.0030151
- (4) Абсолютная влажность и пандемия в сравнении с эпидемией гриппа – Джеффри Шаман (Jeffrey Shaman), Эдвард Гольдштейн (Edward Goldstein) и Марк Липсич (Marc Lipsitch)
- (5) Харпер Джи-Джей (Harper GJ). Микроорганизмы, переносимые по воздуху: тесты на выживаемость с четырьмя вирусами. Дж. Хиг (Лонд) (J Hug (Lond)). 1961;59(4):479–486.
- (6) Шаман Дж., Питцер В.Е. (Pitzer VE), Вибауд К. (Viboud C) и др. Абсолютная влажность и сезонное наступление гриппа в континентальной части США [электронная статья]. PLoS Biol. 2010;8(2):e1000316.
- (7) Калнай Е. (Kalnay E), Канамитцу М. (Kanamitsu M), Кистлер Р. (Kistler R) и др. 40-летний проект повторного анализа NCEP/NCAR. Бюллетень Американского метеорологического общества (Bull Am Meteorol Soc.) 1996;77(3):437–471.
- (8) Высокая влажность приводит к потере патогенного вируса гриппа от симулированного кашля – Джон Д. Ноти (John D. Noti)*, Франсуаза М. Блейшер (Francoise M. Blachere), Синтия М. Макмиллен (Cynthia M. McMillen), Уильям Г. Линдсли (William G. Lindsley), Майкл Л. Кашон (Michael L. Kashon), Дензил Р. Слотер (Denzil R. Slaughter), Дональд Х. Бизхолд (Donald H. Beezhold)
- (9) Аэрозоли вируса гриппа в воздухе и их инфекционность – Николай Никитин, Екатерина Петрова, Екатерина Трифонова и Ольга Карпова – <http://dx.doi.org/10.1155/2014/859090>
- (10) Влияние температуры воздуха и относительной влажности на выживаемость коронавируса на поверхностях – Лиза М. Казанова, Союн Чжон (Soyoung Jeon), Уильям А. Рутала (William A. Rutala), Дэвид Дж. Вебер (David J. Weber) и Марк Д. Собси (Mark D. Sobsey) – ИЦО:10.1128/ A EM .02291- 09



Правильный климат, способный изменить будущее

«Мюнтерс» - это мировой лидер в области энергоэффективных и устойчивых решений для обработки воздуха. При помощи инновационных технологий «Мюнтерс» создает идеальный климат для требовательных отраслей промышленности и сельского хозяйства. «Мюнтерс» стоит на страже будущего обработки воздуха с момента своего основания в 1955 году, а с 2017 года числится в Стокгольмской системе автоматической котировки Национальной ассоциации биржевых дилеров (Nasdaq).

Найдите ближайший офис компании «Мюнтерс» www.munters.com

«Мюнтерс» оставляет за собой право вносить изменения в спецификации, ведомости и прочие документы по производственным или иным причинам после публикации. ©«Мюнтерс АБ» (Munters AB), 2020